

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro



(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum

24. Oktober 2013 (24.10.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2013/156377 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/40 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/057557

(22) Internationales Anmelde datum:  
11. April 2013 (11.04.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2012 206 582.2  
20. April 2012 (20.04.2012) DE

(71) Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE];  
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: EMPACHER, Lars; Oststr. 8, 70806  
Kornwestheim (DE). OLBRICH, Stephan; Urbahnstr.  
102, 70190 Stuttgart (DE). SCHENK, Michael; Auf Der  
Schanz 14, 71640 Ludwigsburg (DE).

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,  
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,  
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE

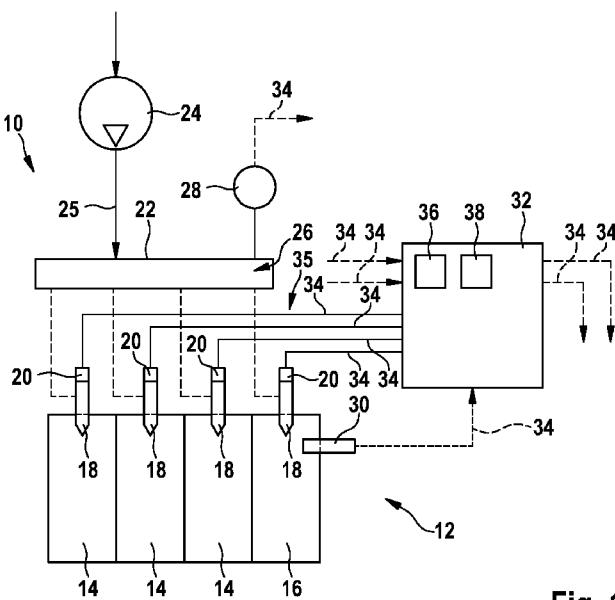


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine (12) comprising at least two cylinders (14; 16), fuel being injected from a pressure accumulator (22) into combustion chambers associated with the at least two cylinders (14; 16). The method is characterised by the following steps: setting a quantity of fuel (54) that is injected into a combustion chamber of a first cylinder (16) during a first injection to a desired value; - measuring a first change (52a, 52b) in a fuel pressure (26) in the pressure accumulator (22), said first change resulting from the first injection of fuel from the pressure accumulator (22) into the combustion chamber of the first cylinder (16); - measuring a second change (52a, 52b) in a fuel pressure (26) in the pressure accumulator (22), said second change resulting from a second injection of fuel from the pressure accumulator (22) into a combustion chamber of a second cylinder (14); - executing a further injection of fuel into the combustion chamber of the second cylinder (14) as a function of the first change (52a, 52b) in the fuel pressure (26) and/or of the second change (52a, 52b) in the fuel pressure (26), in particular in order to approximate or equalise the second change in the fuel pressure to the first change in the fuel pressure.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



---

Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (12) mit mindestens zwei Zylindern (14; 16) beschrieben, wobei Kraftstoff aus einem Druckspeicher (22) in den mindestens zwei Zylindern (14; 16) zugeordnete Brennräume eingespritzt wird. Das Verfahren ist durch die folgenden Schritte gekennzeichnet: -Einstellen einer in einen Brennraum eines ersten Zylinders (16) im Rahmen einer ersten Einspritzung eingespritzten Kraftstoffmenge (54) auf einen Sollwert; -Ermitteln einer ersten Änderung (52a, 52b) eines Kraftstoffdrucks (26) in dem Druckspeicher (22), die sich als Folge der ersten Einspritzung von Kraftstoff aus dem Druckspeicher (22) in den Brennraum des ersten Zylinders (16) ergibt; -Ermitteln einer zweiten Änderung (52a, 52b) eines Kraftstoffdrucks (26) in dem Druckspeicher (22), die sich als Folge einer zweiten Einspritzung von Kraftstoff aus dem Druckspeicher (22) in einen Brennraum eines zweiten Zylinders (14) ergibt; -Ausführen einer weiteren Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum des zweiten Zylinders (14) in Abhängigkeit von der ersten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26) und/oder zweiten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26), insbesondere zum - Annähern oder Gleichstellen der zweiten Änderung des Kraftstoffdrucks an die erste Änderung des Kraftstoffdrucks.

**Beschreibung****Titel**

Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

**Stand der Technik**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie eine Vorrichtung und ein Speichermedium nach den nebengeordneten Patentansprüchen.

Vom Markt her bekannt sind Kraftstoffsysteme für Brennkraftmaschinen mit mehreren Zylindern, bei denen Kraftstoff mittels jeweils eines Einspritzventils in einen Brennraum eines Zylinders eingespritzt wird. Weiterhin sind Messverfahren bekannt, um eventuell verschiedene Einspritzmengen der Zylinder zumindest näherungsweise zu ermitteln und gegebenenfalls auszugleichen.

Beispielsweise ermöglicht eine so genannte Nullmengenkalibrierung (engl. Abkürzung "ZFC"), einen Schwellwert einer Ansteuerdauer zur Ansteuerung eines Einspritzventils zu ermitteln, bei dessen Überschreitung tatsächlich Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird. Auch ist eine Verwendung von Zylinderdrucksensoren bekannt, um eine Menge des eingespritzten bzw. verbrannten Kraftstoffs zu ermitteln. Eine Patentveröffentlichung aus diesem Fachgebiet ist beispielsweise die DE 102 27 279 A1.

**Offenbarung der Erfindung**

Das der Erfindung zugrunde liegende Problem wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1, sowie durch eine Vorrichtung und ein Speichermedium nach den nebengeordneten Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben. Für die Erfindung wichtige Merkmale finden sich ferner in der nachfolgenden Beschreibung und in den Zeichnungen, wobei die

Merkmale sowohl in Alleinstellung als auch in unterschiedlichen Kombinationen für die Erfindung wichtig sein können, ohne dass hierauf nochmals explizit hingewiesen wird.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern, wobei Kraftstoff aus einem Druckspeicher ("Rail") in den mindestens zwei Zylindern zugeordnete Brennräume eingespritzt wird. Es ist durch die folgenden Schritte gekennzeichnet, welche nicht zwingend in der angegebenen Reihenfolge zeitlich aufeinander folgen müssen:

- Einstellen einer in einen Brennraum eines ersten Zylinders im Rahmen einer ersten Einspritzung eingespritzten Kraftstoffmenge auf einen Sollwert;
- Ermitteln einer ersten Änderung eines Kraftstoffdrucks in dem Druckspeicher, die sich als Folge der ersten Einspritzung von Kraftstoff aus dem Druckspeicher in den Brennraum des ersten Zylinders ergibt;
- Ermitteln einer zweiten Änderung eines Kraftstoffdrucks in dem Druckspeicher, die sich als Folge einer zweiten Einspritzung von Kraftstoff aus dem Druckspeicher in einen Brennraum eines zweiten Zylinders ergibt;
- Ausführen einer weiteren Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum des zweiten Zylinders in Abhängigkeit von der ersten Änderung des Kraftstoffdrucks und/oder der zweiten Änderung des Kraftstoffdrucks, insbesondere zum Annähern oder Gleichstellen der zweiten Änderung des Kraftstoffdrucks an die erste Änderung des Kraftstoffdrucks. Dazu können die drei vorangegangenen Verfahrensschritte gegebenenfalls mehrfach oder fortwährend wiederholt werden.

Dabei ist der "erste" Zylinder ein so genannter Leitzylinder, welcher im Allgemeinen mindestens eine zusätzliche Messeinrichtung aufweist und/oder von einer Auswerteeinrichtung in besonderer Weise behandelt wird. Beispielsweise ist der Leitzylinder bzw. die Messeinrichtung derart ausgeführt, dass die in den Brennraum eingespritzte Kraftstoffmenge quantitativ ermittelt werden kann. Beispielsweise kann ein Zeitverlauf eines Zylinderinnendrucks des Leitzylinders ermittelt werden, und daraus kann auf eine spezifische Antriebsenergie und

weiter auf die jeweils eingespritzte und verbrannte Kraftstoffmenge geschlossen werden. Ergänzend kann ein Zylinderinnendruck, welcher ohne Einspritzung von Kraftstoff ermittelt wird, als Referenz verwendet werden. Darüber hinaus ist es denkbar, dass der Leitzylinder in einer besonderen Weise gefertigt ist, um eine besonders präzise Einspritzung von Kraftstoff zu ermöglichen.

Erfnungsgemäß ist es nicht zwingend erforderlich, die in dem ersten Zylinder eingespritzte Kraftstoffmenge quantitativ zu ermitteln. Es ist ausreichend, dass der Leitzylinder - beispielsweise mittels vorbekannter Verfahren - vor der Anwendung des erfundungsgemäßen Verfahrens in Bezug auf die eingespritzte Kraftstoffmenge zuvor (optimal) eingestellt wurde. Danach verwendet das erfundungsgemäße Verfahren die an dem Leitzylinder ermittelte erste Änderung des Kraftstoffdrucks, um die zweite Änderung des Kraftstoffdrucks an die erste Änderung des Kraftstoffdrucks anzunähern oder anzugeleichen. Dadurch können alle Zylinder der Brennkraftmaschine in Bezug auf die eingespritzten Kraftstoffmengen auf einfache und zugleich genaue Weise "gleichgestellt" werden.

Weiterhin ist erfundungsgemäß vorgesehen, dass der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher ermittelt wird, vorzugsweise mit einer vergleichsweise hohen zeitlichen Auflösung. Dazu werden im Rahmen der ersten Einspritzung mindestens zwei, bevorzugt jedoch mehr, beispielsweise fünf oder zehn Abtastwerte des Kraftstoffdrucks ermittelt. Die Ermittlung des Kraftstoffdrucks in dem ersten Zylinder erfolgt vorzugsweise in unmittelbarer Beziehung zu derjenigen Einspritzung, für welche - beispielsweise mittels des besagten Zylinderinnendrucks - die eingespritzte Kraftstoffmenge ermittelt wird. Aus dem in jeweils einem Zeitintervall vor und nach der ersten Einspritzung ermittelten Kraftstoffdruck wird eine zugehörige erste Änderung des Kraftstoffdrucks in dem Druckspeicher ermittelt. Die Ermittlung von mehr als einem Abtastwert je Zeitintervall ist von Vorteil, um einen in den Zeitintervallen gegebenenfalls zeitlich veränderlichen Kraftstoffdruck - beispielsweise durch Druckwellen verursacht - auszumitteln.

In einem weiteren erfundungsgemäßen Schritt des Verfahrens wird die zweite Änderung des Kraftstoffdrucks als Folge der "zweiten" Einspritzung ermittelt, welche in den Brennraum des zweiten Zylinders - oder bei höherer Zylinderzahl

in den Brennraum eines beliebigen weiteren Zylinders - erfolgt. Diese Ermittlung wird in vergleichbarer Weise wie für den ersten Zylinder vorgenommen.

Ein weiterer Schritt der Erfindung ist es, die an dem ersten Zylinder ermittelte Änderung des Kraftstoffdrucks auf die übrigen Zylinder der Brennkraftmaschine zu übertragen (zu "kopieren"). Da es zwischen der Änderung des Kraftstoffdrucks und der eingespritzten Kraftstoffmenge einen monotonen und eindeutigen Zusammenhang gibt, kann auch für diese übrigen Zylinder, obwohl sie keine spezifischen Messeinrichtungen oder Auswertungen wie beim Leitzylinder aufweisen, die jeweils eingespritzte Kraftstoffmenge ("Einspritzmenge") mit vergleichsweise großer Genauigkeit ermittelt bzw. eingestellt werden.

Die derart ermittelte Einspritzmenge ermöglicht es, das Ausführen weiterer Einspritzungen von Kraftstoff in den Brennraum des zweiten bzw. des weiteren Zylinders in Bezug auf einen Sollwert der Einspritzmenge gegebenenfalls anzupassen. Dazu kann eine Ansteuerung, insbesondere eine Ansteuererdauer, einer elektrischen Betätigungseinrichtung für ein Einspritzventil des jeweiligen Zylinders verändert werden. Diese Veränderung kann sogar nachfolgend fortlaufend mittels der jeweiligen Änderung des Kraftstoffdrucks überprüft und somit geregelt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise dazu verwendet werden, die Zylinder der Brennkraftmaschine in Bezug auf die eingespritzte Kraftstoffmenge bzw. die dadurch erzeugten Beiträge zum Drehmoment der Brennkraftmaschine "gleichzustellen". Individuelle "Mengendriften" von Einspritzventilen können ausgeglichen werden.

Die Erfindung weist den Vorteil auf, dass die in die Brennräume der Zylinder eingespritzten Kraftstoffmengen individuell und vergleichsweise genau eingestellt werden können. Dazu ist lediglich ein Leitzylinder der Brennkraftmaschine erforderlich, welcher eine zusätzliche Sensorik umfasst und/oder dessen Betrieb in zusätzlicher Weise ausgewertet wird. Darüber hinaus ist nur ein Drucksensor zur Ermittlung des Kraftstoffdrucks in dem Druckspeicher eines Kraftstoffsystems der Brennkraftmaschine erforderlich, so dass vergleichsweise geringe Bauteilkosten entstehen. Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren unabhängig von spezifischen Eigenschaften eines Antriebsstrangs eines

Kraftfahrzeugs, in welches die Brennkraftmaschine verbaut ist, durchgeführt werden. Das Verfahren kann im normalen Betriebsfall der Brennkraftmaschine ohne eine Erfordernis der Verwendung von Schubphasen oder Leerlaufphasen durchgeführt werden. Ebenso ist das Verfahren im Wesentlichen unabhängig von Größen, welche alle Zylinder der Brennkraftmaschine in gleicher Weise betreffen, beispielsweise einer Kraftstoffqualität, einer permanenten Leckage, einer Kraftstofftemperatur, einem Offset im Raildruck (Offset eines mittleren Kraftstoffdrucks in dem Druckspeicher) und sonstigen Einflüssen. Dabei ist die Verwendung eines quantitativen Zusammenhangs zwischen der Änderung des Kraftstoffdrucks und der zugehörigen eingespritzten Kraftstoffmenge nicht zwingend erforderlich. Es ist ausreichend, wenn dieser Zusammenhang für alle Zylinder der Brennkraftmaschine gleich ist. Die Erfindung betrifft vorzugsweise Komponenten des Kraftstoffsystems und erfordert im Wesentlichen keine Veränderungen von sonstigen Komponenten der Brennkraftmaschine bzw. des Kraftfahrzeugs.

Eine Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass ein Differenzwert der zweiten Änderung des Kraftstoffdrucks zu der ersten Änderung des Kraftstoffdrucks und/oder ein zugehöriger Differenzwert einer Ansteuerung eines Einspritzventils für den zweiten Zylinder ermittelt und abgespeichert wird. Beispielsweise kann ein Differenzwert einer Ansteuerdauer einer elektromagnetischen Betätigungsseinrichtung des Einspritzventils ermittelt und abgespeichert werden. Somit kann in einem anschließenden "Normalbetrieb" der Brennkraftmaschine auch ohne eine Ermittlung der Änderungen des Kraftstoffdrucks eine Korrektur der in den zweiten (und gegebenenfalls in weitere) Zylinder eingespritzten Kraftstoffmenge erfolgen. Es wird jeweils die zylinderindividuelle Korrektur abgespeichert, welche sich durch das Gleichstellen mit dem Leitzylinder ergeben hat. Beispielsweise lässt sich diese Korrektur - welche in Bezug auf einen nominellen Sollwert einer Ansteuerdauer bzw. Einspritzmenge erfolgt - auch dann verwenden, wenn ein aktuelles Einspritzmuster nicht (mehr) für eine Ermittlung der Änderung des Kraftstoffdrucks geeignet ist. Daher ist vorgesehen, dass der Differenzwert nachfolgend für das Ausführen einer weiteren Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum des zweiten Zylinders (und gegebenenfalls weiterer Zylinder) verwendet wird. Dadurch kann der zuvor "gelernte" Differenzwert, mit dem die zweite Änderung des Kraftstoffdrucks korrigiert wird - bzw. ein entsprechender Differenzwert der Ansteuerung des

zugehörigen Einspritzventils - für weitere Einspritzungen von Kraftstoff verwendet werden. Ein im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine fortlaufend wiederholtes Ermitteln der Änderung des ersten und/oder zweiten Kraftstoffdrucks ist also nicht zwingend erforderlich. Dadurch wird das Verfahren vereinfacht und verbessert.

Das Verfahren wird verbessert, wenn die in den Brennraum des ersten Zylinders eingespritzte Kraftstoffmenge unter Verwendung eines Zylinderdrucksensors ermittelt und/oder eingestellt wird. Ein Zylinderdrucksensor ermöglicht eine besonders einfache und genaue Ermittlung des oben bereits beschriebenen Zylinderinnendrucks.

Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass die für den ersten Zylinder ermittelte eingespritzte Kraftstoffmenge mittels einer so genannten "Nullmengenkalibrierung" ermittelt wird. Dabei wird eine Mindestansteuerdauer der elektrischen Betätigungsseinrichtung ermittelt, ab welcher Kraftstoff in den Brennraum des jeweiligen Zylinders tatsächlich eingespritzt wird. Mittels der Nullmengenkalibrierung kann die eingespritzte Kraftstoffmenge insbesondere bei Voreinspritzungen zumindest angenähert ermittelt werden. Die Nullmengenkalibrierung erfolgt vorzugsweise in einer Schubphase der Brennkraftmaschine und kann ergänzend oder alternativ zu der Ermittlung des Zylinderinnendrucks verwendet werden. Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich, die gegebenenfalls aufwändige Nullmengenkalibrierung nur beim Leitzylinder durchzuführen und das Ergebnis entsprechend auf die übrigen Zylinder zu übertragen.

Allgemein wird bei einer Nullmengenkalibrierung (engl. Abkürzung "ZFC") eine Reaktion eines Drehzahlsignals auf eine in einer Schubphase der Brennkraftmaschine erfolgende kleine Testeinspritzung verglichen mit dem Drehzahlsignal bei Testeinspritzungen von definierter Einspritzmenge während einer Applikationsphase.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders vielseitig anwendbar, weil die erste und/oder die zweite Einspritzung mindestens eine Teileinspritzung und/oder eine Haupteinspritzung umfassen kann. Somit kann die eingespritzte Kraftstoffmenge auch für verschiedenartige so genannte "Einspritzmuster"

vergleichsweise genau ermittelt werden. Die Teileinspritzung kann mindestens eine Voreinspritzung und/oder mindestens eine Nacheinspritzung in Bezug auf die Haupteinspritzung sein. Sofern die Einspritzung eine Teileinspritzung und eine Haupteinspritzung umfasst, kann es für eine eventuell nachfolgende Korrektur der eingespritzten Kraftstoffmenge bzw. des Einspritzmusters erforderlich sein, eine sich ergebende Korrekturmenge mittels eines bestimmten Algorithmus auf die Teileinspritzung(en) und die Haupteinspritzung aufzuteilen.

Die Genauigkeit des Verfahrens wird weiter verbessert, wenn eine zeitliche Lage und/oder Dauer der ersten und/oder zweiten Einspritzung und/oder das Einspritzmuster derart vorgegeben wird, dass der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher in einem Zeitintervall ("Messfenster") vor und/oder nach der jeweiligen Einspritzung im Wesentlichen konstant ist. Dazu kann es erforderlich sein, das jeweilige Einspritzmuster vorübergehend zu verändern. Dies erfolgt beispielsweise dadurch, dass ein genügender zeitlicher Abstand zwischen jeweiligen Teileinspritzungen vorgegeben wird. Vorzugsweise ist dieses Messfenster außerdem derart ausgebildet, dass es nicht mit eventuellen Einspritzungen in anderen Zylindern kollidiert, welche aus demselben Druckspeicher erfolgen. Ebenso ist das Messfenster vorzugsweise derart ausgebildet, dass es nicht mit einem Arbeitshub einer den Druckspeicher speisenden Kraftstoffpumpe kollidiert. Das veränderte Einspritzmuster kann sich von einem im normalen Betriebszustand der Brennkraftmaschine verwendeten Einspritzmuster unterscheiden. Eine eventuelle, durch Leckagen verursachte Änderung des Kraftstoffdrucks während des Messfensters ist vergleichsweise gering und für das erfindungsgemäße Verfahren unerheblich oder kann auf einfache Weise mit berücksichtigt werden.

Das bedeutet, dass das erfindungsgemäße Verfahren - für die Ermittlung der Beziehung zwischen der Änderung des Kraftstoffdrucks und der eingespritzten Kraftstoffmenge mittels des Leitzylinders - gegebenenfalls nur gelegentlich oder periodisch durchgeführt werden kann. Dies ist im Allgemeinen völlig ausreichend, da die ermittelte Beziehung bzw. ermittelte Korrekturwerte für die einzuspritzende Kraftstoffmenge bzw. ermittelte Korrekturwerte für die Ansteuerung der elektrischen Betätigungsseinrichtungen nichtflüchtig und zylinderindividuell in einem Datenspeicher abgespeichert werden können. Ergänzend können

zugehörige Parameter, wie beispielsweise der mittlere Raildruck und/oder eine Kraftstofftemperatur oder dergleichen mit abgespeichert werden.

Im Allgemeinen ist das beschriebene Abspeichern der Korrekturwerte wenig sinnvoll, da die "Beziehung" zwischen der Änderung des Kraftstoffdrucks und der eingespritzten Kraftstoffmenge von weiteren und zumeist unbekannten Parametern abhängig ist. Erfindungsgemäß ist es vorteilhafter, die erste Änderung des Kraftstoffdrucks zeitnah zu der zweiten Änderung des Kraftstoffdrucks zu ermitteln und erfindungsgemäß zu verwenden.

Allgemein kann und soll das erfindungsgemäße Verfahren, beispielsweise unter Verwendung der besagten "Beziehung" und/oder der ermittelten Korrekturwerte und/oder der zeitnahen Ermittlung der ersten zu der zweiten Änderung des Kraftstoffdrucks, auch im normalen Betrieb der Brennkraftmaschine angewendet werden.

Ergänzend ist vorgesehen, dass eine zeitliche Lage und/oder Dauer der ersten und/oder zweiten Einspritzung und/oder das Einspritzmuster in Abhängigkeit eines Betriebszustands einer den Druckspeicher speisenden Kraftstoffpumpe oder sonstiger Stellglieder, welche den Druckspeicher beeinflussen können (z.B. Druckregelventil) vorgegeben wird. Damit kann erreicht werden, dass der Kraftstoffdruck während des jeweiligen Zeitintervalls nur wenig oder gar nicht durch einen Betriebszustand bzw. eine entsprechende Änderung wie z.B. eine Hubbewegung eines Kolbens der Kraftstoffpumpe oder daraus folgenden Druckpulsationen (Druckwellen) verändert wird. Damit wird die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens zusätzlich erhöht.

Weiterhin umfasst die Erfindung eine Vorrichtung zur Steuerung der Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern, wobei Kraftstoff aus einem Druckspeicher in den mindestens zwei Zylindern zugeordnete Brennräume eingespritzt wird, und wobei die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen. Die Vorrichtung weist beispielsweise eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung auf, welche elektrische und/oder elektronische Bauelemente bzw. Schaltungen umfasst und mittels elektrischer Leitungen an Komponenten der Brennkraftmaschine angeschaltet ist. Die Schaltungen können analog und/oder digital ausgeführt sein.

Weiterhin kann die Vorrichtung dazu ausgebildet sein, ergänzend die folgenden Schritte des Verfahrens durchzuführen:

- Ermitteln und Abspeichern eines Differenzwerts der zweiten Änderung des Kraftstoffdrucks zu der ersten Änderung des Kraftstoffdrucks und/oder eines zugehörigen Differenzwerts einer Ansteuerung eines Einspritzventils für den zweiten Zylinder; und
- Ausführen einer weiteren Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum des zweiten Zylinders unter Verwendung des Differenzwerts.

Dadurch wird die erfindungsgemäße Vorrichtung zusätzlich verbessert.

Eine Ausgestaltung der Vorrichtung sieht ein Computerprogramm vor, welches dazu programmiert ist, das erfindungsgemäße Verfahren zumindest teilweise durchzuführen. Ergänzend kann ein Speichermedium vorgesehen sein, welches das Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens umfasst. Dabei kann es sich um den flüchtigen bzw. nichtflüchtigen Datenspeicher der Steuer- und/oder Regeleinrichtung und/oder um einen USB-Speicher oder CD-ROM-Speicher handeln.

Es versteht sich, dass die oben verwendete Bezeichnung "erster" Zylinder nicht zwingend eine bestimmte Reihenfolge oder bauliche Anordnung des ersten Zylinders oder dergleichen bedeutet. Es versteht sich weiter, dass das erfindungsgemäße Verfahren wie oben beschrieben für Brennkraftmaschinen mit einer Kraftstoff-Direkteinspritzung, jedoch in entsprechender Weise auch für Brennkraftmaschinen mit einer Saugrohreinspritzung verwendet werden kann.

Nachfolgend werden beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 ein Kraftstoffsystem für eine Brennkraftmaschine;

Figur 2 ein Zeitdiagramm eines Kraftstoffdrucks;

Figur 3 ein zu der Figur 2 ähnliches Zeitdiagramm;

Figur 4 ein Diagramm mit Änderungen von Kraftstoffdrücken über einer eingespritzten Kraftstoffmenge; und

Figur 5 ein Flussdiagramm zur Durchführung eines Verfahrens zum Betreiben der Brennkraftmaschine.

Es werden für funktionsäquivalente Elemente und Größen in allen Figuren auch bei unterschiedlichen Ausführungsformen die gleichen Bezugszeichen verwendet.

Die Figur 1 zeigt ein vereinfachtes Schema eines Kraftstoffsystems 10 für eine Brennkraftmaschine 12 mit vorliegend drei Zylindern 14 und einem Zylinder 16 ("Leitzylinder" bzw. "erster" Zylinder) sowie zugehörigen Einspritzventilen 18 zur Einspritzung von Kraftstoff in einen jeweiligen Brennraum (ohne Bezugszeichen) der Zylinder 14 und 16. Die Einspritzventile 18 können durch je eine elektrische Betätigseinrichtung 20 betätigt werden. Die elektrischen Betätigseinrichtungen 20 können als Elektromagnete oder als Piezoaktoren ausgeführt sein und werden mittels elektrischer Leitungen 34 bzw. darauf übertragener Ansteuersignale 35 angesteuert.

In der Zeichnung oberhalb der Einspritzventile 18 ist ein Druckspeicher 22 ("Kraftstoff-Hochdruckspeicher", "Rail") dargestellt, der von einer Kraftstoffpumpe 24 über eine Hochdruckleitung 25 mit Kraftstoff gespeist wird. Ein Kraftstoffdruck 26 wird von einem Drucksensor 28 ("Railldrucksensor") überwacht. Ein Zylinderdrucksensor 30 ist an dem Zylinder 16 zur Ermittlung eines Zylinderinnendrucks (Brennraumdrucks) angeordnet. Die Brennkraftmaschine 12 ist z.B. als ein Benzinmotor oder als ein Dieselmotor ausgeführt.

Im rechten oberen Teil der Figur 1 ist eine Vorrichtung zur Steuerung der Brennkraftmaschine 12 dargestellt, welche vorliegend eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung 32, angedeutete abgehende und ankommende elektrische Leitungen 34, sowie einen darin enthaltenen Datenspeicher 36 (Speichermedium) und ein Computerprogramm 38 umfasst. Der Datenspeicher 36 weist flüchtige und nichtflüchtige Speicherelemente auf.

Im Betrieb speist die Kraftstoffpumpe 24 den Druckspeicher 22 über die Hochdruckleitung 25, wobei der Drucksensor 28 ein den aktuellen Kraftstoffdruck 26 charakterisierendes Signal über eine elektrische Leitung 34 an die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 32 überträgt. Die vier Einspritzventile 18 spritzen abhängig von dem Ansteuersignal 35 der elektrischen Betätigungsseinrichtung 20 eine bestimmte Kraftstoffmenge 54 (siehe Figur 4) in die Brennräume der Zylinder 14 und 16 ein.

Figur 2 zeigt ein Zeitdiagramm mit dem Kraftstoffdruck 26 über einer Zeit t, beispielsweise für das Kraftstoffsystem 10 einer Brennkraftmaschine 12 eines Personenkraftwagens. In der Zeichnung sind mehrere Zeitverläufe des Kraftstoffdrucks 26 gezeigt, welche nach der Art eines getriggerten Mehrfach-Oszillogramms dargestellt sind. Die Darstellung der Figur 2 ist sowohl in Bezug auf die Abszisse als auch in Bezug auf die Ordinate vergleichsweise stark gedehnt, und der Koordinatenursprung entspricht bereits einem vergleichsweise hohen Kraftstoffdruck 26.

Ein ansteigender Abschnitt der Kurven im linken Bereich des Zeitdiagramms ist durch einen Pfeil 40 markiert und entspricht einem Förderhub der Kraftstoffpumpe 24. Dadurch wird Kraftstoff in den Druckspeicher 22 gefördert, wobei der Kraftstoffdruck 26 entsprechend ansteigt. Ein Pfeil 42 im mittleren Bereich des Zeitdiagramms markiert Teileinspritzungen von Kraftstoff in den Brennraum des jeweiligen Zylinders 14 bzw. 16.

Vorliegend entsprechen die Teileinspritzungen Voreinspritzungen. Ein Pfeil 46 im rechten Bereich der Zeichnung markiert Haupteinspritzungen in den jeweiligen Brennraum. Durch Pfeile 48 markierte und in allen Kurven wiederkehrende Wellen im Zeitverlauf des Kraftstoffdrucks 26 sind durch Druckpulsationen (Druckwellen) und dergleichen verursacht.

Man erkennt, dass der Förderhub der Kraftstoffpumpe 24 den Kraftstoffdruck 26 im linken Bereich der Zeichnung in etwa auf einen Druckwert 50 wiederkehrend erhöht. Ausgehend von einem Zeitpunkt t1 sinkt der Kraftstoffdruck 26 nachfolgend mit geringer Rate ab, was beispielsweise durch Leckagen oder dergleichen verursacht wird. Als Folge der Teileinspritzungen (Pfeil 42) ab einem

Zeitpunkt t2 erfolgt eine vergleichsweise starke erste Änderung 52a (siehe Figur 3) des Kraftstoffdrucks 26.

Vorliegend sind mehrere verschiedenartige Teileinspritzungen dargestellt, welche sich in ihrer Dauer und/oder Stärke unterscheiden und jeweils unterschiedlichen eingespritzten Kraftstoffmengen 54 entsprechen. Dabei ist die eingespritzte Kraftstoffmenge 54 im Wesentlichen linear von der in der Zeichnung erkennbaren Änderung 52a des Kraftstoffdrucks 26 abhängig. Die Dauer der Teileinspritzungen wird durch eine jeweilige Ansteuerdauer der elektrischen Betätigungsseinrichtung 20 bestimmt.

Die durch den Pfeil 46 markierte und ab einem Zeitpunkt t3 erfolgende Haupteinspritzung bewirkt eine in Bezug auf die Teileinspritzungen deutlich stärkere Änderung 52b (siehe Figur 3) des Kraftstoffdrucks 26, welcher sich in der Zeichnung unterhalb der Abszisse fortsetzt. Diese Fortsetzung ist in der Figur 2 jedoch nicht gezeichnet.

Figur 3 zeigt ein zu der Figur 2 ähnliches, idealisiertes und vereinfachtes Zeitdiagramm. Ergänzend zu der Figur 2 sind in der Figur 3 Änderungen 52a und 52b des Kraftstoffdrucks 26 eingetragen, welche sich jeweils als Folge der Teileinspritzungen bzw. der Haupteinspritzung ergeben. Zur Darstellung der Änderung 52b wurde ein Verlauf des Kraftstoffdrucks 26 am Ende der Haupteinspritzung unterhalb der Abszisse mit eingezeichnet.

Ergänzend sind Zeitintervalle 53a und 53b eingezeichnet, welche jeweils ein "Messfenster" vor bzw. nach der Teileinspritzung bzw. der Haupteinspritzung charakterisieren. In den Zeitintervallen 53a und 53b ist der Kraftstoffdruck 26 jeweils in etwa konstant und die Wirkung des Förderhubs der Kraftstoffpumpe 24 ist im Wesentlichen verschwunden. Dadurch kann die Ermittlung des Kraftstoffdrucks 26 und der Änderungen 52a und 52b besonders genau erfolgen.

Figur 4 zeigt ein Diagramm mit Änderungen 52 (Differenzwerten) von Kraftstoffdrücken 26 über der eingespritzten Kraftstoffmenge 54. Dargestellt sind vier Kurven, welche mit vier jeweils verschiedenen Druckwerten 50 - also einem jeweiligen anfänglichen Kraftstoffdruck 26 - als Parameter ermittelt wurden. Ein Pfeil 56 zeigt in Richtung eines ansteigenden Druckwerts 50 bzw.

Kraftstoffdrucks 26. Jede der gezeigten Kurven weist einen spezifischen Anfangswert 58a, 58b, 58c bzw. 58d auf und verläuft danach mit zunehmender eingespritzter Kraftstoffmenge 54 ansteigend und in etwa geradlinig. Vorliegend wurde das Diagramm unter Verwendung einer hydraulischen Prüfbank ermittelt.

Die Anfangswerte 58a, 58b, 58c und 58d sind im Wesentlichen durch Steuermengen des Kraftstoffs bedingt, welche - bei gleichem Kraftstoffdruck 26 - für die Einspritzventile 18 der vier Zylinder 14 und 16 in etwa gleich oder zumindest ähnlich sind, sowie durch Leckagen, die für alle Zylinder 14 und 16 als in etwa gleich vorausgesetzt werden können. Man erkennt, dass die Kurven im Wesentlichen geradlinig verlaufen. Das bedeutet also, dass die Beziehung zwischen der jeweiligen Änderung 52 und der zugehörigen eingespritzten Kraftstoffmenge 54 ebenfalls vergleichsweise linear und entsprechend genau und einfach ermittelbar ist. Die Linearität ist jedoch nicht zwingend erforderlich, da erfindungsgemäß auch ein monoton steigender Zusammenhang genügt.

Figur 5 zeigt ein Flussdiagramm zur Durchführung eines Verfahrens zum Betreiben der Brennkraftmaschine 12. Das Flussdiagramm kann mit dem Computerprogramm 38 abgearbeitet werden. In einem Startblock 60 beginnt die in der Figur 5 dargestellte Prozedur.

In einem folgenden Block 64 erfolgt eine erste Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum des Zylinders 16. Dazu wird die zugehörige elektrische Betätigungsseinrichtung 20 mit einem Ansteuersignal 35 angesteuert. Dabei wird ein Zeitverlauf des Kraftstoffdrucks 26 ermittelt. Der ermittelte Zeitverlauf wird zusammen mit dem Ansteuersignal 35 charakterisierenden Größen in dem Datenspeicher 36 abgespeichert.

In einem folgenden Block 68 wird eine erste Änderung 52 (bzw. 52a, 52b) des Kraftstoffdrucks 26 in dem Druckspeicher 22, die sich als Folge der ersten Einspritzung im Block 64 von Kraftstoff aus dem Druckspeicher 22 in den Brennraum des ersten Zylinders 16 ergibt, ermittelt. Die ermittelte erste Änderung 52 wird ebenfalls in dem Datenspeicher 36 abgespeichert.

In vergleichbarer Weise zu dem Verfahren im Block 68 wird in einem folgenden Block 72 eine zweite Änderung 52 (bzw. 52a, 52b) des Kraftstoffdrucks 26 in

dem Druckspeicher 22, die sich als Folge einer zweiten Einspritzung von Kraftstoff aus dem Druckspeicher 22 in den Brennraum eines der Zylinder 14 ("zweiter" Zylinder) ergibt, ermittelt. Vorzugsweise sind die die erste und die zweite Einspritzung bewirkenden Ansteuersignale 35 und die dadurch erzeugten Einspritzmuster des Kraftstoffs vergleichbar oder sogar identisch.

In einem Block 74 werden weitere Einspritzungen von Kraftstoff in den Brennraum des zweiten Zylinders 14 ausgeführt. Vorzugsweise erfolgt dies unter Verwendung von Ansteuersignalen 35 bzw. Einspritzmustern, wie sie im jeweils vorliegenden Betriebszustand der Brennkraftmaschine 12 "normalerweise" durchgeführt werden. Dabei können diese Ansteuersignale 35 bzw. die sich ergebenden Einspritzmuster in Abhängigkeit der zuvor ermittelten Größen, nämlich der ersten Änderung 52 des Kraftstoffdrucks 26 und/oder der zweiten Änderung 52 des Kraftstoffdrucks 26 verändert werden.

Damit kann für die zweiten Zylinder 14 - und bei Bedarf entsprechend für den ersten Zylinder 16 - beispielsweise wie folgt verfahren werden:

- (1) Es soll eine bestimmte Kraftstoffmenge 54 ("Sollwert") im Rahmen einer zweiten Einspritzung eingespritzt werden;
- (2) Mittels der in den Blöcken 62 bis 72 durchgeföhrten Prozedur wird das Ansteuersignal 35 für den zweiten Zylinder 14 derart verändert, dass in dem Druckspeicher 22 die dem Sollwert der einzuspritzenden Kraftstoffmenge 54 entsprechende Änderung 52 des Kraftstoffdrucks 26 erfolgt. Die beim ersten Zylinder 16 zuvor ermittelte Änderung 52 des Kraftstoffdrucks 26 wird sozusagen vom ersten Zylinder 16 auf den zweiten Zylinder 14 "übertragen" oder "kopiert". Dadurch können die weiteren Einspritzungen in dem Zylinder 14 mit einer vergleichbaren Präzision wie in dem ersten Zylinder 16 erfolgen, obwohl die Zylinder 14 keinen Zylinderdrucksensor 30 oder eine vergleichbare Messtechnik aufweisen. Somit werden auch Kosten gespart. Dadurch können beispielsweise die Zylinder 14 und 16 in Bezug auf die eingespritzte Kraftstoffmenge 54 bzw. ein zylinderindividuell erzeugtes Drehmoment "gleichgestellt" werden.

In einem Endeblock 76 endet die dargestellte Prozedur. Das beschriebene Verfahren kann anschließend für beliebige weitere Zylinder 14 in vergleichbarer

Weise durchgeführt werden. Vorzugsweise wird das Verfahren für alle Zylinder 14 "parallel", das heißt in einer zeitnahen Abfolge, durchgeführt.

Vorzugsweise wird für die in der Figur 5 beschriebenen ersten und zweiten Einspritzungen eine zeitliche Lage und/oder Dauer der ersten und/oder zweiten Einspritzung und/oder ein Einspritzmuster derart vorgegeben, dass der Kraftstoffdruck 26 in dem Druckspeicher 22 in den Zeitintervallen 53a bzw. 53 b ("Messfenster") vor und/oder nach der jeweiligen Einspritzung im Wesentlichen konstant ist. Ebenso wird die zeitliche Lage und/oder Dauer der ersten und/oder zweiten Einspritzung und/oder das Einspritzmuster in Abhängigkeit eines Betriebszustands bzw. einer Hubbewegung der Kraftstoffpumpe 24 vorgegeben. Beide Maßnahmen haben den Zweck, die sich infolge der ersten bzw. zweiten Einspritzung ergebenden Änderungen 52a bzw. 52b des Kraftstoffdrucks 26 besonders genau zu ermitteln. Dazu ist es gegebenenfalls erforderlich, ein in dem jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine 12 verwendetes Einspritzmuster vorübergehend zu verändern, so dass jeweils ausreichend Zeit für eine präzise Ermittlung des Kraftstoffdrucks 26 bleibt. Entsprechend genau können danach die jeweiligen Änderungen 52a und 52b mittels Differenzbildung ermittelt werden.

Vorzugsweise werden die im Block 74 erfolgten Änderungen des Ansteuersignals 35 abgespeichert und können danach im weiteren Betrieb der Brennkraftmaschine 12 auch ohne ein Ermitteln der Änderung 52 des Kraftstoffdrucks 26 zur Korrektur der in den Zylindern 14 eingespritzten Kraftstoffmenge 54 verwendet werden.

## Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (12) mit mindestens zwei Zylindern (14; 16), wobei Kraftstoff aus einem Druckspeicher (22) in den mindestens zwei Zylindern (14; 16) zugeordnete Brennräume eingespritzt wird, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
  - Einstellen einer in einen Brennraum eines ersten Zylinders (16) im Rahmen einer ersten Einspritzung eingespritzten Kraftstoffmenge (54) auf einen Sollwert;
  - Ermitteln einer ersten Änderung (52a, 52b) eines Kraftstoffdrucks (26) in dem Druckspeicher (22), die sich als Folge der ersten Einspritzung von Kraftstoff aus dem Druckspeicher (22) in den Brennraum des ersten Zylinders (16) ergibt;
  - Ermitteln einer zweiten Änderung (52a, 52b) eines Kraftstoffdrucks (26) in dem Druckspeicher (22), die sich als Folge einer zweiten Einspritzung von Kraftstoff aus dem Druckspeicher (22) in einen Brennraum eines zweiten Zylinders (14) ergibt;
  - Ausführen einer weiteren Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum des zweiten Zylinders (14) in Abhängigkeit von der ersten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26) und/oder der zweiten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26), insbesondere zum Annähern oder Gleichstellen der zweiten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26) an die erste Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26).
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Differenzwert der zweiten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26) zu der ersten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26) und/oder ein zugehöriger Differenzwert einer

Ansteuerung eines Einspritzventils für den zweiten Zylinder (14) ermittelt und abgespeichert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Differenzwert nachfolgend für das Ausführen einer weiteren Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum des zweiten Zylinders (14) verwendet wird.
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die in den Brennraum des ersten Zylinders (16) eingespritzte Kraftstoffmenge (54) unter Verwendung eines Zylinderdrucksensors (30) ermittelt und/oder eingestellt wird.
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste und/oder zweite Einspritzung mindestens eine Teileinspritzung (42) und/oder eine Haupteinspritzung (46) umfasst.
6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine zeitliche Lage und/oder Dauer der ersten und/oder zweiten Einspritzung und/oder ein Einspritzmuster derart vorgegeben wird, dass der Kraftstoffdruck (26) in dem Druckspeicher (22) in einem Zeitintervall (53a, 53b) vor und/oder nach der jeweiligen Einspritzung im Wesentlichen konstant ist.
7. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine zeitliche Lage und/oder Dauer der ersten und/oder zweiten Einspritzung und/oder ein Einspritzmuster in Abhängigkeit eines Betriebszustands einer den Druckspeicher (22) speisenden Kraftstoffpumpe (24) vorgegeben wird.
8. Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine (12) mit mindestens zwei Zylindern (14; 16), wobei Kraftstoff aus einem Druckspeicher (22) in den mindestens zwei Zylindern (14; 16) zugeordnete Brennräume eingespritzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, ein Verfahren entsprechend den folgenden Schritten durchzuführen:

- Einstellen einer in einen Brennraum eines ersten Zylinders (16) im Rahmen einer ersten Einspritzung eingespritzten Kraftstoffmenge (54) auf einen Sollwert;
  - Ermitteln einer ersten Änderung (52a, 52b) eines Kraftstoffdrucks (26) in dem Druckspeicher (22), die sich als Folge der ersten Einspritzung von Kraftstoff aus dem Druckspeicher (22) in den Brennraum des ersten Zylinders (16) ergibt;
  - Ermitteln einer zweiten Änderung (52a, 52b) eines Kraftstoffdrucks (26) in dem Druckspeicher (22), die sich als Folge einer zweiten Einspritzung von Kraftstoff aus dem Druckspeicher (22) in einen Brennraum eines zweiten Zylinders (14) ergibt;
  - Ausführen einer weiteren Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum des zweiten Zylinders (14) in Abhängigkeit von der ersten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26) und/oder der zweiten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26), insbesondere zum Annähern oder Gleichstellen der zweiten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26) an die erste Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26).
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei das Verfahren ergänzend die folgenden Schritte umfasst:
- Ermitteln und Abspeichern eines Differenzwerts der zweiten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26) zu der ersten Änderung (52a, 52b) des Kraftstoffdrucks (26) und/oder eines zugehörigen Differenzwerts einer Ansteuerung eines Einspritzventils für den zweiten Zylinder (14); und
  - Ausführen einer weiteren Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum des zweiten Zylinders (14) unter Verwendung des Differenzwerts.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Vorrichtung ein Computerprogramm (38) umfasst, welches dazu programmiert ist, ein Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen.

11. Speichermedium, dadurch gekennzeichnet, dass es ein Computerprogramm (38) zur Durchführung eines Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7 umfasst.

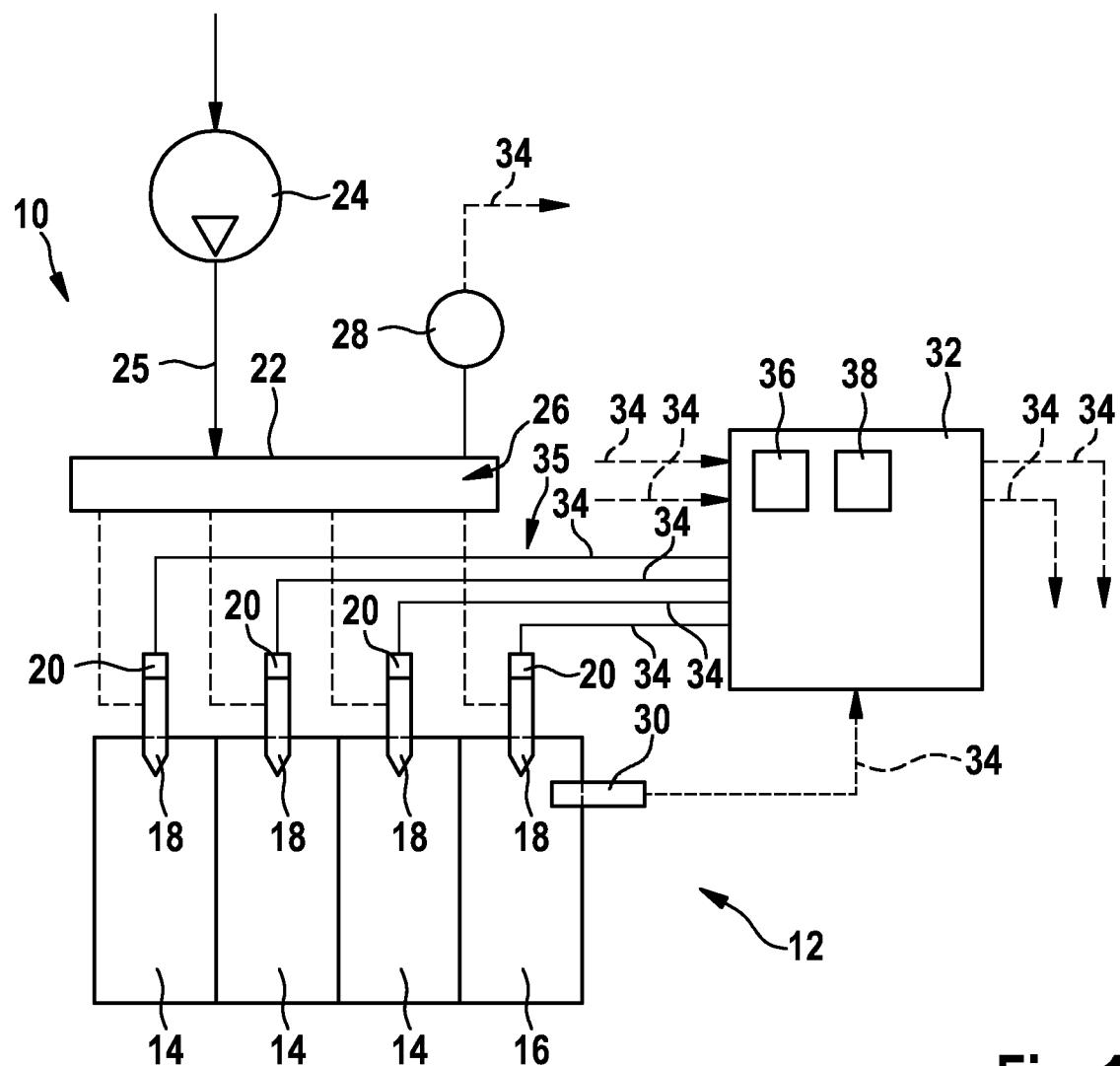


Fig. 1

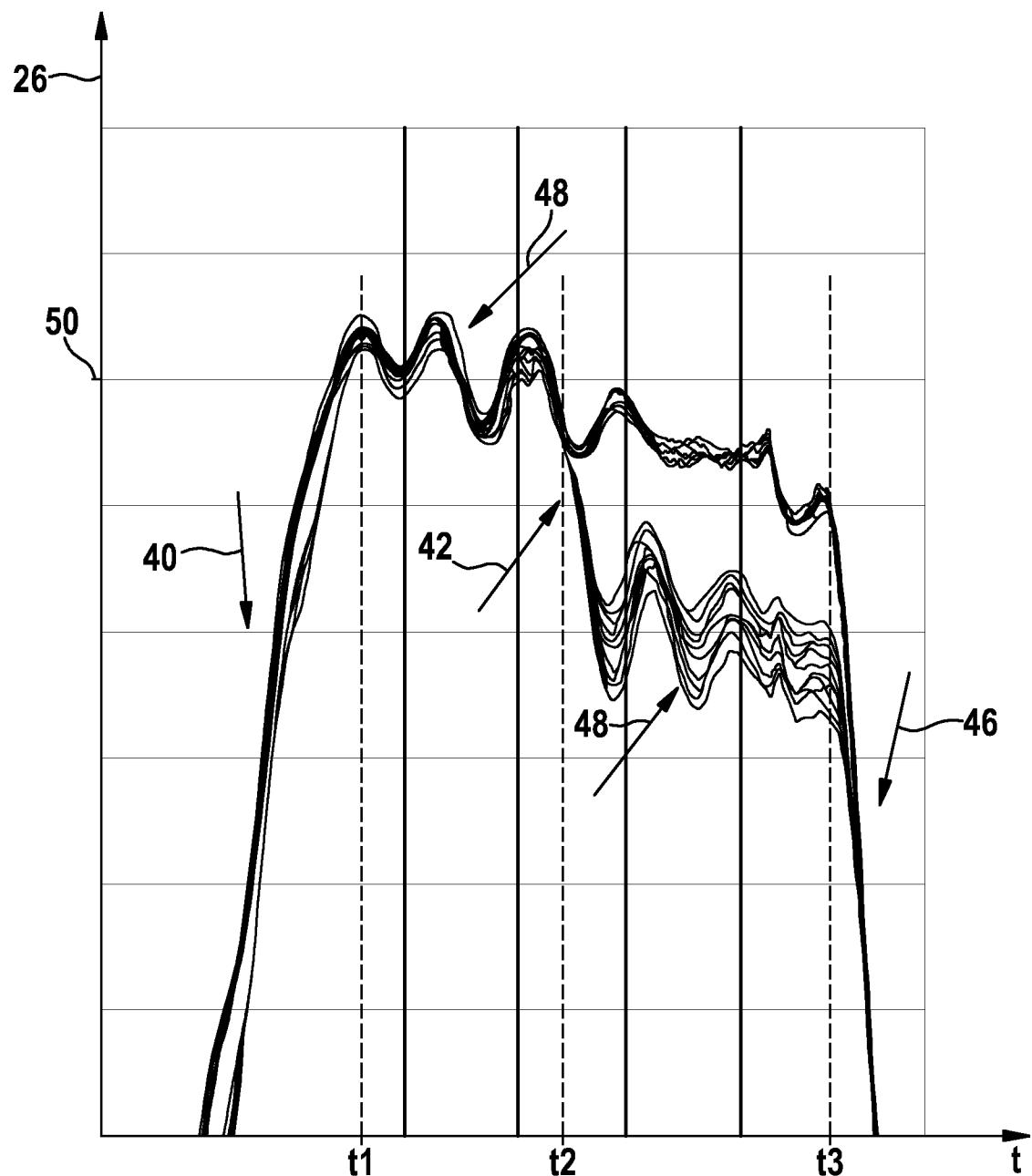


Fig. 2

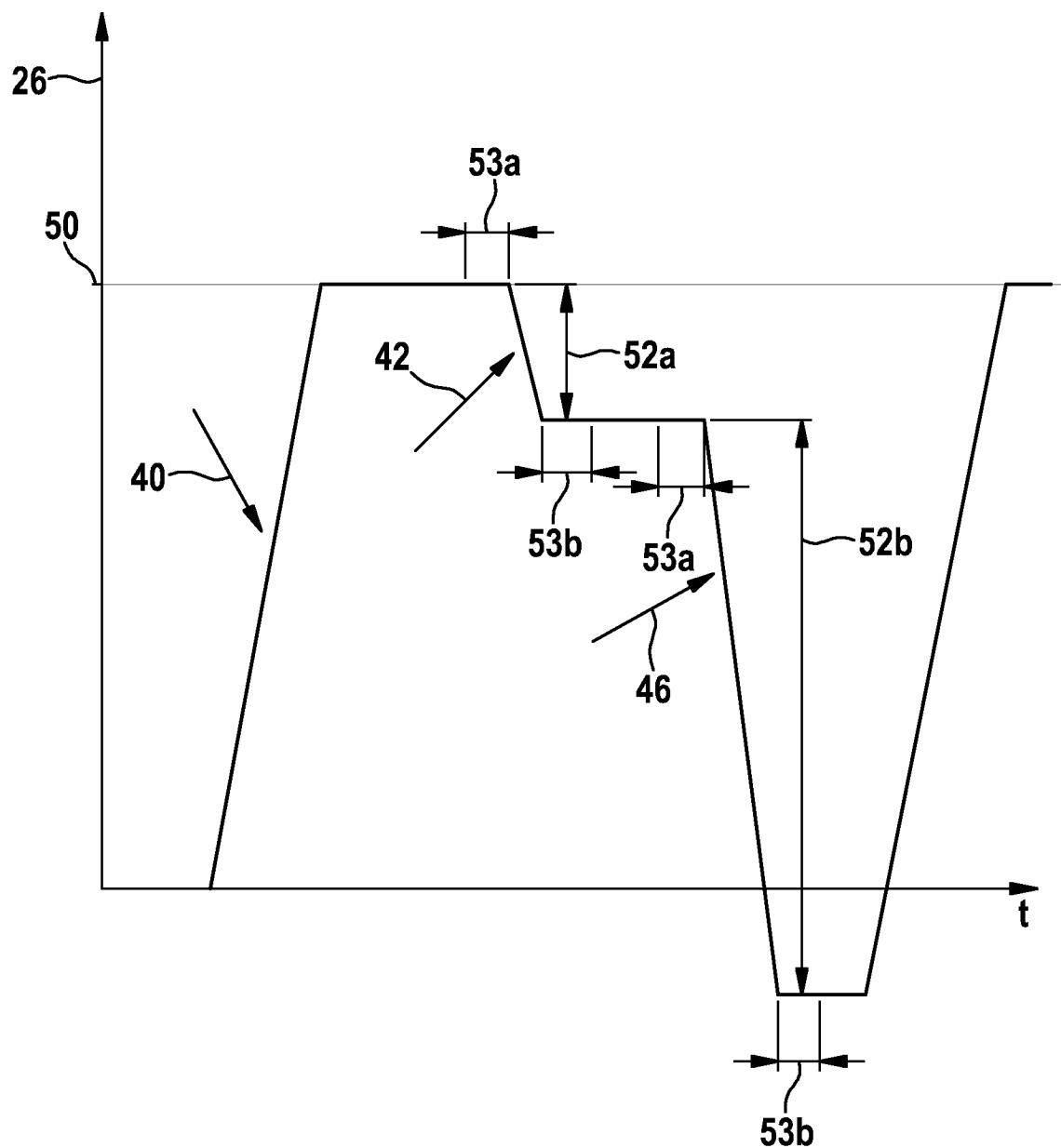
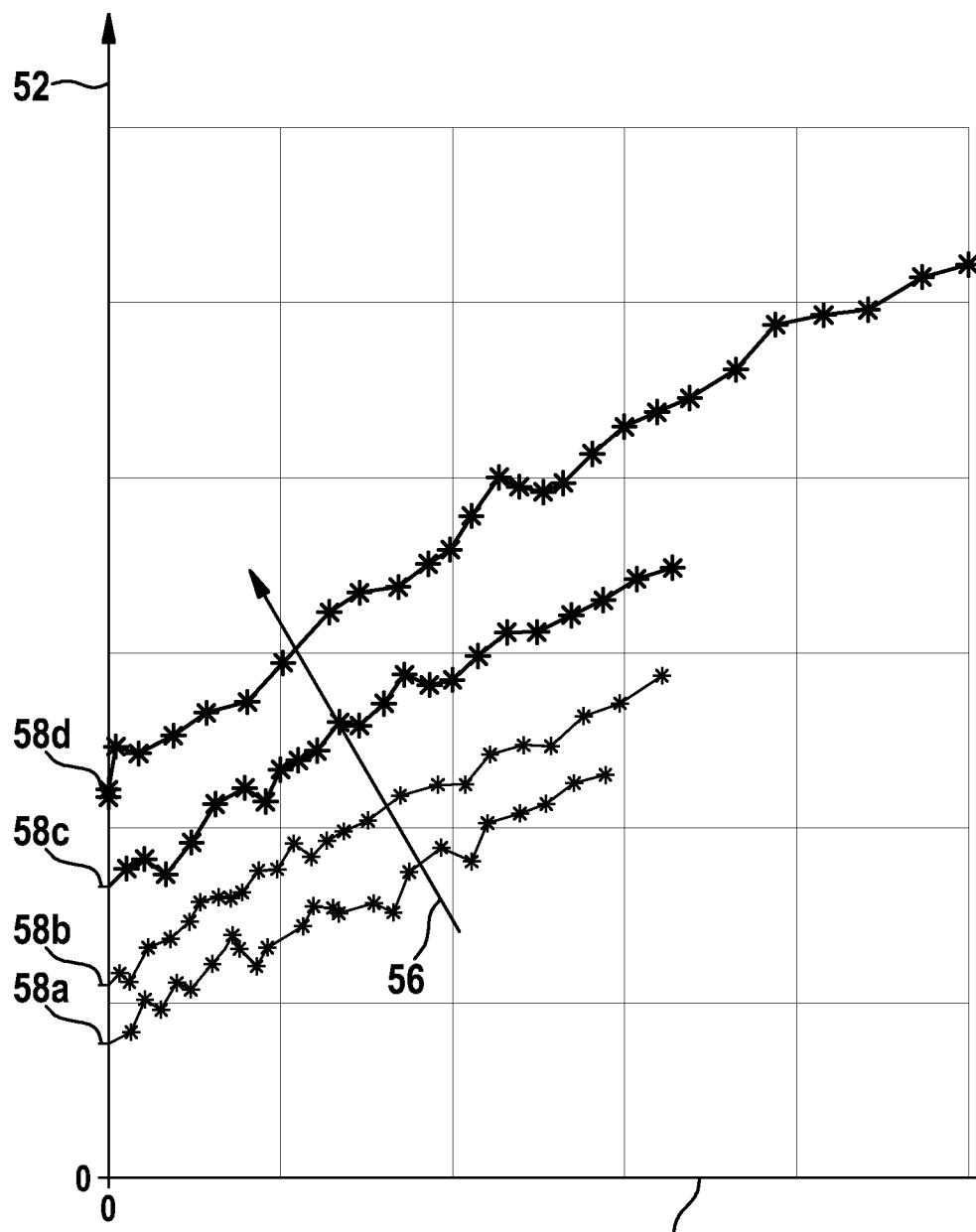


Fig. 3



54

Fig. 4

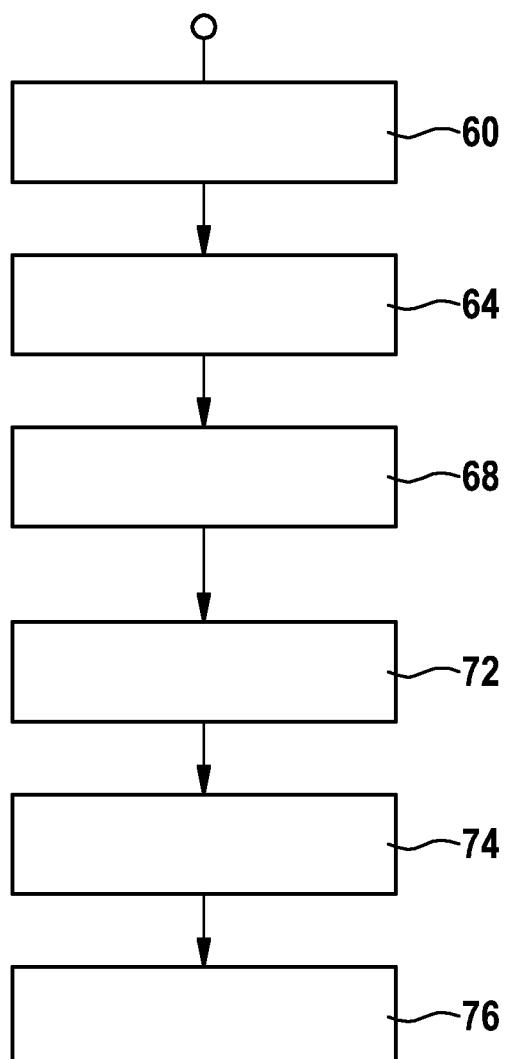


Fig. 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/057557

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. F02D41/40  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 197 12 143 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24 September 1998 (1998-09-24) column 1, lines 5-25 column 1, line 41 - column 2, line 56 claims 1-7 -----	1-11
A	EP 1 344 923 A2 (MITSUBISHI MOTORS CORP [JP]) 17 September 2003 (2003-09-17) the whole document -----	1-11
A	DE 10 2009 003121 A1 (DENSO CORP [JP]) 26 November 2009 (2009-11-26) the whole document -----	1-11
A	EP 1 975 398 A2 (HITACHI LTD [JP]) 1 October 2008 (2008-10-01) the whole document -----	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 July 2013	29/07/2013

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Calabrese, Nunziante

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/057557

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 19712143	A1	24-09-1998	DE 19712143 A1 JP H10266888 A	24-09-1998 06-10-1998
EP 1344923	A2	17-09-2003	CN 1450258 A EP 1344923 A2 JP 3906909 B2 JP 2003269228 A	22-10-2003 17-09-2003 18-04-2007 25-09-2003
DE 102009003121	A1	26-11-2009	CN 101581253 A DE 102009003121 A1 JP 4582191 B2 JP 2009275621 A	18-11-2009 26-11-2009 17-11-2010 26-11-2009
EP 1975398	A2	01-10-2008	EP 1975398 A2 JP 4951380 B2 JP 2008240532 A US 2008236548 A1	01-10-2008 13-06-2012 09-10-2008 02-10-2008

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/057557

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
INV. F02D41/40  
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 197 12 143 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24. September 1998 (1998-09-24) Spalte 1, Zeilen 5-25 Spalte 1, Zeile 41 - Spalte 2, Zeile 56 Ansprüche 1-7 -----	1-11
A	EP 1 344 923 A2 (MITSUBISHI MOTORS CORP [JP]) 17. September 2003 (2003-09-17) das ganze Dokument -----	1-11
A	DE 10 2009 003121 A1 (DENSO CORP [JP]) 26. November 2009 (2009-11-26) das ganze Dokument -----	1-11
A	EP 1 975 398 A2 (HITACHI LTD [JP]) 1. Oktober 2008 (2008-10-01) das ganze Dokument -----	1-11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18. Juli 2013

29/07/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Calabrese, Nunziante

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/057557

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19712143	A1	24-09-1998	DE JP	19712143 A1 H10266888 A		24-09-1998 06-10-1998
EP 1344923	A2	17-09-2003	CN EP JP JP	1450258 A 1344923 A2 3906909 B2 2003269228 A		22-10-2003 17-09-2003 18-04-2007 25-09-2003
DE 102009003121	A1	26-11-2009	CN DE JP JP	101581253 A 102009003121 A1 4582191 B2 2009275621 A		18-11-2009 26-11-2009 17-11-2010 26-11-2009
EP 1975398	A2	01-10-2008	EP JP JP US	1975398 A2 4951380 B2 2008240532 A 2008236548 A1		01-10-2008 13-06-2012 09-10-2008 02-10-2008