

(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
20. März 2014 (20.03.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/040713 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/24 (2006.01) *F02D 41/14* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/002685
- (22) Internationales Anmeldedatum:
6. September 2013 (06.09.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2012 018 617.7
14. September 2012 (14.09.2012) DE
- (71) Anmelder: MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH
[DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).
- (72) Erfinder: SPEETZEN, Ralf; Efriedweg 10, 88048
Friedrichshafen (DE). BRONNER, Yvan; Newtonweg 3,
88046 Friedrichshafen (DE).
- (74) Anwalt: SPERNAT, Thomas; Tognum AG, Intellectual
Property / CLP, Maybachplatz 1, D-88045 Friedrichshafen
(DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
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, 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, SA,
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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR CALCULATING ENGINE CHARACTERISTIC VARIABLES, DATA PROCESSING SYSTEM AND
COMPUTER PROGRAM PRODUCT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR BERECHNUNG MOTORISCHER KENNGRÖSSEN,
DATENVERARBEITUNGSSYSTEM UND COMPUTERPROGRAMMPRODUKT

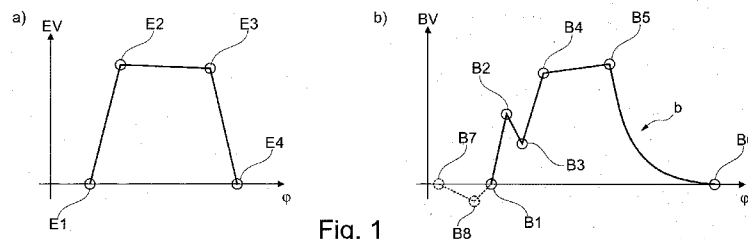


Fig. 1

(57) Abstract: A method for calculating engine characteristic variables of an internal combustion engine having the following steps is proposed: determination of an alternative injection profile (EV) in a first curve form which is described by interpolation points (E1, E2, E3, E4), by the interpolation points (E1, E2, E3, E4) being calculated from at least one first engine characteristic variable, and determination of an alternative combustion profile (BV) in a second curve form which is described by interpolation points (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8), by at least one interpolation point (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8) being calculated from the alternative injection profile (EV) and at least one second engine characteristic variable.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Berechnung motorischer Kenngrößen eines Verbrennungsmotors mit folgenden Schritten vorgeschlagen: Ermitteln eines Ersatz-Einspritzverlaufs (EV) in einer ersten durch Stützpunkte (E1, E2, E3, E4) beschriebenen ersten Kurvenform, indem die Stützpunkte (E1, E2, E3, E4) aus mindestens einer ersten motorischen Kenngröße berechnet werden, und Ermitteln eines Ersatzbrennverlaufs (BV) in einer zweiten durch Stützpunkte (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8) beschriebenen zweiten Kurvenform, indem mindestens ein Stützpunkt (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8) aus dem Ersatz-Einspritzverlauf (EV) und mindestens einer zweiten motorischen Kenngröße berechnet wird.



WO 2014/040713 A1

Verfahren zur Berechnung motorischer Kenngrößen, Datenverarbeitungssystem und Computerprogrammprodukt

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Berechnung motorischer Kenngrößen eines Verbrennungsmotors gemäß Anspruch 1, ein Datenverarbeitungssystem gemäß Oberbegriff des Anspruchs 12, und ein Computerprogrammprodukt gemäß Anspruch 13.

Verfahren der hier angesprochenen Art sind bekannt. Bei diesen wird mindestens eine motorische Kenngröße eines Verbrennungsmotors mithilfe eines Verbrennungsmodells berechnet, welches die nulldimensionale (0D) Berechnung der Energiefreisetzungsrate, nämlich des sogenannten Brennverlaufs des Verbrennungsmotors erlaubt. Dabei spricht der Begriff „nulldimensional“ an, dass für einen betrachteten Zylinder ein integraler Brennverlauf rein zeitabhängig berechnet wird. Es wird demnach keine Abhängigkeit des Brennverlaufs vom Ort innerhalb eines Brennraumes eines Zylinders berücksichtigt. Dabei ist es möglich, bereits den Brennverlauf selbst als motorische Kenngröße zu betrachten. Es ist jedoch auch möglich, aus dem Brennverlauf weitere motorische Kenngrößen wie beispielsweise Schadstoff-Emissionen, einen indizierten Mitteldruck oder einen Zylinderspitzenruck zu berechnen. Die Berechnung der mindestens einen motorischen Kenngröße kann schließlich zur Simulation, Beeinflussung und/oder Regelung des Verbrennungsmotors herangezogen werden. Es sind Verbrennungsmodelle bekannt, die vollständig auf Messdaten beruhen. Dabei ist es nötig, für jeden Motor und für jede Anwendung Messdaten in großer Zahl zu erheben, was einen erheblichen Aufwand bedeutet. In Hinblick auf einen Einzelmotor müssen Messdaten für verschiedene Betriebszustände umgerechnet werden, was einen erheblichen Rechenaufwand und eine große Ungenauigkeit mit sich bringt. Allein aufgrund der Vielzahl der beteiligten Datenpunkte ist die Berechnung eines Brennverlaufs auf der Grundlage eines solchen Verbrennungsmodells aufwändig, speicherintensiv und erfordert hohe Rechenleistung. Alternativ ist es bekannt, empirische

Verbrennungsmodelle zu nutzen, die mathematische Ansätze zur Beschreibung einzelner physikalischer Mechanismen und Phänomene der Verbrennung umfassen. Auch hier ist es jedoch nötig, eine große Zahl von Modellparametern zu bestimmen und für verschiedene Bereiche eines Kennfeldes eines Verbrennungsmotors, mithin für verschiedene Betriebszustände, umzurechnen beziehungsweise anzupassen. Auch Brennverläufe, die auf solchen empirischen Verbrennungsmodellen fußen, werden typischerweise mit einer hohen Zahl von Stützpunkten berechnet, sodass auch hierbei ein erheblicher Speicher- und Rechenaufwand anfällt.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2007 034 340 A1 ist ein Verfahren zur Ermittlung eines Ersatzbrennverlaufs bekannt, bei welchem zur Beschreibung des Brennverlaufs einschließlich eines sogenannten Premixed-Bereichs und eines diffusionskontrollierten Bereichs der Verbrennung zwei Vibe-Funktionen überlagert werden. Diese Vorgehensweise ist ein Beispiel für die Berechnung eines Brennverlaufs, welche auf einem empirischen, mathematisch/physikalischen Modell, hier nämlich der Vibe-Funktion, basiert.

Aus dem Artikel „Die Vorausberechnung des Brennverlaufs von Dieselmotoren mit direkter Einspritzung auf der Basis des Einspritzverlaufs“ von Franz Chmela et al., MTZ 59 (1998), Nr. 7/8, ist ein nulldimensionaler Ansatz zur Berechnung eines Brennverlaufs bekannt, wobei ein Einspritzverlauf in die Berechnung insoweit einbezogen wird, als die kinetische Energie des Einspritzstrahls berücksichtigt wird. Auch dies ist ein Beispiel für die Berechnung eines Brennverlaufs auf der Grundlage eines empirischen, mathematisch/physikalischen Modells.

Zusätzlich zu den genannten Nachteilen einer komplizierten Berechnung sowie eines hohen Bedarfs an Speicherkapazität und Rechenleistung kommt bei den bekannten Ansätzen noch hinzu, dass direkte Zusammenhänge zwischen dem berechneten Brennverlauf oder Ersatzbrennverlauf und den in die Modellierung eingehenden motorischen Kenngrößen schwer zu erkennen sind. Es ist also nicht ohne Weiteres vorherzusagen, welche Änderungen sich bezüglich des Ersatzbrennverlaufs ergeben, wenn eine bestimmte motorische Kenngröße in bestimmter Weise verändert wird.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Berechnung motorischer Kenngrößen eines Verbrennungsmotors zu schaffen, welches eine

vereinfachte, wenig speicherplatz- und rechenleistungsintensive Berechnung motorischer Kenngrößen, insbesondere eines Ersatzbrennverlaufs erlaubt, wobei zugleich Zusammenhänge zwischen dem Ergebnis der Berechnung und den in die Berechnung eingehenden motorischen Kenngrößen einfacher zu erkennen sind als bei bekannten Verfahren. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, ein Datenverarbeitungssystem, insbesondere ein Motorsteuergerät, zu schaffen, welches die hier angesprochene Berechnung durchführen kann. Schließlich liegt der Erfindung auch die Aufgabe zugrunde, ein Computerprogrammprodukt zu schaffen, welches eine entsprechende Berechnung ermöglicht.

Die Aufgabe wird gelöst, indem ein Verfahren mit den Schritten des Anspruchs 1 geschaffen wird. Im Rahmen des Verfahrens zur Berechnung motorischer Kenngrößen eines Verbrennungsmotors wird ein Ersatz-Einspritzverlauf ermittelt, für den eine erste Kurvenform angenommen wird, die durch Stützpunkte beschrieben wird. Diese Stützpunkte werden aus mindestens einer motorischen Kenngröße berechnet. Es wird ein insbesondere nulldimensionaler Ersatzbrennverlauf ermittelt, für den eine zweite Kurvenform zugrunde gelegt wird, die durch Stützpunkte beschrieben wird. Dabei wird mindestens einer der Stützpunkte für die zweite Kurvenform des Ersatzbrennverlaufs berechnet, indem der Ersatz-Einspritzverlauf und mindestens eine zweite motorische Kenngröße zur Berechnung herangezogen werden. Sowohl für den Ersatz-Einspritzverlauf als auch für den Ersatzbrennverlauf wird demnach ein vergleichsweise einfacher Ansatz gewählt, indem durch Stützpunkte beschriebene, vorherbestimmte Kurvenformen gewählt werden, wobei die Lage der Stützpunkte leicht und schnell zu berechnen ist. Es ergibt sich ein vergleichsweise einfacher Zusammenhang zwischen der mindestens einen ersten motorischen Kenngröße und dem Ersatz-Einspritzverlauf, so dass Änderungen, die sich bezüglich des Ersatz-Einspritzverlaufs ergeben, wenn die erste motorische Kenngröße geändert wird, leicht vorherzusagen sind. Das gleiche gilt für den Ersatzbrennverlauf, weil mindestens einer von dessen Stützpunkten unter Heranziehung des Ersatz-Einspritzverlaufs und einer motorischen Kenngröße berechnet wird. Dabei ist ein Zusammenhang zwischen dem Ersatz-Einspritzverlauf und dem Ersatzbrennverlauf vergleichsweise leicht zu erkennen, das heißt eine Änderung des Ersatzbrennverlaufs ist vergleichsweise leicht vorherzusagen, wenn eine Änderung des Ersatz-Einspritzverlaufs bekannt ist. Sowohl der Ersatz-Einspritzverlauf als auch der Ersatzbrennverlauf werden nicht durch analytische Funktionen, aber auch nicht vollständig durch – gegebenenfalls interpolierte – Messdaten beschrieben, sondern

vielmehr durch eine vorherbestimmte erste beziehungsweise eine zweite Kurvenform, für die Stützpunkte festgelegt werden. Im Wesentlichen ist daher lediglich die Lage der Stützpunkte zu berechnen, wobei gegebenenfalls zusätzlich noch wenige, die Kurvenform näher beschreibende Parameter berechnet werden. Insgesamt werden also ein parametrierbarer Ersatz-Einspritzverlauf und ein parametrierbarer Ersatzbrennverlauf berechnet, wobei eine vergleichsweise kleine Zahl von Werten berechnet werden muss. Der Speicherbedarf und der Bedarf an Rechenleistung sind daher gering, und die Berechnung ist vergleichsweise einfach. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, in einem Motorsteuergerät, in welchen das Verfahren implementiert ist, Speicherplatz, Rechenleistung und Rechenzeit einzusparen, sodass diese Ressourcen anderweitig genutzt werden können. Alternativ kann das Motorsteuergerät mit geringerem Speicherplatz beziehungsweise Rechenleistung ausgestattet sein, was Kosten spart.

Die Zusammenhänge zwischen dem Ersatz-Einspritzverlauf und dem Ersatzbrennverlauf sind physikalisch modellierbar und in mathematischen Umrechnungsvorschriften erfassbar, sodass es ohne Weiteres möglich ist, den Ersatzbrennverlauf aus dem Ersatz-Einspritzverlauf zu berechnen. Wird das Verfahren in einem Motorsteuergerät durchgeführt, stehen die motorischen Kenngrößen, die zur Berechnung herangezogen werden, zumindest weitgehend, vorzugsweise vollständig ohnehin in dem Motorsteuergerät zur Verfügung, weil sie dort überwacht beziehungsweise erfasst werden. Somit fällt kein zusätzlicher Aufwand zur Erfassung und/oder Berechnung notwendiger Daten an.

Das Verfahren wird bevorzugt für einen Dieselmotor durchgeführt, besonders bevorzugt für einen Dieselmotor mit Direkteinspritzung. Dabei wird eine typische erste Kurvenform für den Ersatz-Einspritzverlauf und ebenso eine typische zweite Kurvenform für den Ersatzbrennverlauf gewählt, die für Dieselmotoren charakteristisch sind.

Es wird ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass für den Ersatz-Einspritzverlauf eine Trapezform angenommen wird, wobei höchstens zehn, vorzugsweise höchstens acht, vorzugsweise höchstens sechs und besonders bevorzugt genau vier Stützpunkte zur Beschreibung der ersten Kurvenform herangezogen werden. Für die Form der Kurve zwischen den Stützpunkten wird ein vorherbestimmter funktionaler Verlauf angenommen, vorzugsweise ein linearer Verlauf. Sind also bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens genau vier Stützpunkte vorgesehen,

zwischen denen sich Geradenabschnitte erstrecken, ergibt sich in einer diagrammatischen Darstellung des Ersatz-Einspritzverlaufs die Form eines Trapezes, dessen Ecken durch die vier Stützpunkte gegeben sind. Es ist offensichtlich, dass lediglich die Lage der vier Stützpunkte berechnet werden muss, um den Ersatz-Einspritzverlauf vollständig festzulegen. Daher fällt hier ein sehr geringer Rechenaufwand bei zugleich sehr geringem Speicherbedarf an. Die Trapezform ist typisch für den Einspritzverlauf insbesondere eines Dieselmotors, sodass der tatsächliche Einspritzverlauf mit hinreichender Genauigkeit durch den Ersatz-Einspritzverlauf beschrieben werden kann.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass der Ersatzbrennverlauf durch höchstens zwölf, vorzugsweise höchstens zehn, vorzugsweise höchstens acht, bevorzugt genau sechs Stützpunkte, und durch einen vorherbestimmten funktionalen Verlauf zwischen den Stützpunkten beschrieben wird. Die zweite Kurvenform wird dabei bevorzugt als Polygonzug mit sich anschließender Hyperbel angenommen. Dies bedeutet, dass die ersten Stützpunkte mit Ausnahme des vorletzten und des letzten Stützpunkts jeweils durch Geradenabschnitte verbunden werden, was einem linearen Verlauf zwischen den Stützpunkten entspricht. Dabei spricht der Begriff „erste Stützpunkte“ die Stützpunkte mit von dem niedrigsten Abszissenwert ausgehend aufsteigenden Abszissenwerten an, wobei der Stützpunkt mit dem zweithöchsten Abszissenwert und der Stützpunkt mit dem höchsten Abszissenwert nicht durch einen Geradenabschnitt miteinander verbunden sind. Diese beiden letzten Stützpunkte sind vorzugsweise stattdessen durch eine Hyperbel miteinander verbunden. Sind also bei einer bevorzugten Ausführungsform genau sechs Stützpunkte für den Ersatzbrennverlauf vorgesehen, sind die – vom niedrigsten Abszissenwert aus gesehen – ersten fünf Stützpunkte jeweils durch Geradenabschnitte miteinander verbunden, während der fünfte und der sechste Stützpunkt durch einen hyperbolischen Verlauf miteinander verbunden sind. Ein solcher Polygonzug mit Hyperbel entspricht einer Kurvenform, die typisch ist für den Brennverlauf eines Dieselmotors, sodass dieser mit hinreichender Genauigkeit durch den Ersatzbrennverlauf beschrieben werden kann. Es zeigt sich, dass in diesem Fall lediglich die Lage der Stützpunkte berechnet werden muss, wobei zusätzlich noch ein Parameter für den Verlauf der Hyperbel berechnet wird. Dies fällt jedoch bezüglich des gesamten Rechenaufwandes kaum ins Gewicht. Insgesamt zeigt sich damit, dass auch zur Berechnung des Ersatzbrennverlaufs nur ein geringer Rechenaufwand sowie eine geringe Speicherkapazität nötig sind.

Sowohl in Hinblick auf den Ersatz-Einspritzverlauf als auch in Hinblick auf den Ersatzbrennverlauf ist es möglich, verschiedene Stützpunkte verbindende Geradenabschnitte durch andere Funktionen, insbesondere mindestens eine gewichtete und/oder abgerundete Funktion zu ersetzen, um eine noch genauere Beschreibung des tatsächlichen Einspritzverlaufs und/oder des Brennverlaufs zu erhalten. Der Rechen- und Speicheraufwand steigt dabei nur geringfügig, weil nur eine geringe Zahl zusätzlicher Parameter hinzutritt, die gegebenenfalls berechnet werden müssen. Eine abgerundete Funktion ist bevorzugt insbesondere im Bereich der Stützpunkte abgerundet. Hierdurch ist es möglich, Knicke und damit nicht differenzierbare Bereiche des Ersatz-Einspritzverlaufs und/oder des Ersatzbrennverlaufs zu vermeiden.

Es wird ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass die mindestens eine erste motorische Kenngröße, mithilfe derer der Ersatz-Einspritzverlauf ermittelt wird, ausgewählt wird aus einer Gruppe bestehend aus einer Drehzahl, einem Einspritzbeginn, einer Einspritzdauer, einer eingespritzten Kraftstoffmenge, einer Kraftstoff-Temperatur, einer Kraftstoffdichte, einem Einspritzdruck, einem Zylinderinnendruck zum Zeitpunkt des Einspritzbeginns, und einem Verdichtungsverhältnis in einem betrachteten Zylinder. Dabei ist es möglich, dass mehr als eine der hier genannten motorischen Kenngrößen in die Ermittlung des Ersatz-Einspritzverlaufs eingeht. Insbesondere ist es auch möglich, dass alle hier genannten motorischen Kenngrößen zur Ermittlung des Ersatz-Einspritzverlaufs herangezogen werden. Wird das Verfahren in einem Motorsteuergerät durchgeführt, stehen die genannten Kenngrößen dort im Allgemeinen ohnehin zur Verfügung, sodass es keiner weiteren Maßnahmen zu deren Ermittlung bedarf.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass die mindestens eine zweite motorische Kenngröße, die zur Ermittlung des Ersatzbrennverlaufs herangezogen wird, ausgewählt wird aus einer Gruppe bestehend aus einer Zündverzugszeit, einem Öffnungszeitpunkt eines Auslassventils eines Zylinders, einer Drehzahl des Verbrennungsmotors, einer Ladungsbewegung in dem Zylinder, insbesondere einem Drall, einer Abgasrückführrate, einer Kolbenform, und einem Einspritzparameter. Als Einspritzparameter kommt dabei insbesondere eine motorische Kenngröße in Frage, die aus der Gruppe ausgewählt wird, die für die erste motorische Kenngröße angegeben ist, mithin insbesondere ein Einspritzbeginn, eine Einspritzdauer, eine eingespritzte Kraftstoffmenge, eine Kraftstoff-Temperatur, eine

Kraftstoffdichte, ein Einspritzdruck, ein Zylinderinnendruck zum Zeitpunkt des Einspritzbeginns, und/oder ein Verdichtungsverhältnis. Selbstverständlich ist es möglich, mehr als eine der hier für die zweite motorische Kenngröße genannten Größen zur Ermittlung des Ersatzbrennverlaufs heranzuziehen. Es ist auch möglich, dass alle hier genannten motorischen Kenngrößen zur Ermittlung des Ersatzbrennverlaufs herangezogen werden.

Mindestens ein Stützpunkt des Ersatzbrennverlaufs wird sowohl auf Grundlage der mindestens einen zweiten motorischen Kenngröße als auch auf der Grundlage des Ersatz-Einspritzverlaufs berechnet. Bevorzugt werden mehr als ein Stützpunkt auf dieser Grundlage berechnet. Es ist allerdings möglich, dass mindestens ein Stützpunkt des Ersatzbrennverlaufs ausschließlich auf der Grundlage mindestens einer zweiten motorischen Kenngröße ohne Heranziehung des Ersatz-Einspritzverlaufs berechnet wird. Es ist auch möglich, dass mindestens ein Stützpunkt des Ersatzbrennverlaufs ausschließlich auf der Grundlage des Ersatz-Einspritzverlaufs ohne Hinzuziehung einer zweiten motorischen Kenngröße berechnet wird.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass aus dem Ersatzbrennverlauf mindestens eine weitere motorische Kenngröße berechnet wird. Bevorzugt wird der Ersatzbrennverlauf als Eingangsgröße für eine Arbeitsprozessrechnung verwendet, mithilfe derer die mindestens eine weitere motorische Kenngröße berechnet wird. Dabei dient der Begriff „weitere motorische Kenngröße“ der sprachlichen Unterscheidung der in die Berechnung eingehenden ersten und zweiten motorischen Kenngrößen von der aus der Berechnung resultierenden mindestens einen weiteren motorischen Kenngröße. Dabei ist keineswegs ausgeschlossen, dass die weitere motorische Kenngröße eine Kenngröße ist, die als erste und/oder zweite motorische Kenngröße in die Berechnung eingegangen ist. Es ist also durchaus möglich, insbesondere im Rahmen einer Regelung den Ersatz-Einspritzverlauf, den Ersatzbrennverlauf und schließlich eine motorische Kenngröße zu berechnen, die auch als Startwert, nämlich als erste und/oder zweite motorische Kenngröße in die Berechnung Eingang gefunden hat. Typischerweise unterscheidet sich dabei der aus der Berechnung resultierende Wert der motorischen Kenngröße von dem in die Berechnung eingegangenen Wert. Auf diese Weise ist – insbesondere wiederum im Rahmen einer Regelung – auch eine iterative Berechnung motorischer Kenngrößen möglich. Es wird demnach deutlich, dass als weitere motorische Kenngröße Größen

berechnet werden können, die bereits in Zusammenhang mit der ersten motorischen Kenngröße und mit der zweiten motorischen Kenngröße erwähnt wurden.

Insbesondere ist es aber auch möglich, dass die weitere motorische Kenngröße ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus einem Summenbrennverlauf, einem Zylinderdruck in Abhängigkeit eines Kurbelwinkels, einem indizierten Mitteldruck, einem Emissionswert, einem Wirkungsgrad und einer Leistung des Verbrennungsmotors. Dabei ist der Summenbrennverlauf definiert als integral über den Brennverlauf, wobei er die insgesamt bei der Verbrennung freigesetzte Wärmemenge angibt. Ein Emissionswert umfasst insbesondere eine Schadstoff-Emission des Verbrennungsmotors, zum Beispiel eine von diesem emittierte NO_x -Konzentration.

Es zeigt sich Folgendes: Bereits der Ersatzbrennverlauf selbst, der die pro Grad Kurbelwinkel freigesetzte Wärmemenge beschreibt, kann im Rahmen des Verfahrens als motorische Kenngröße aufgefasst werden, die den Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors charakterisiert. Es ist aber auch möglich, aus dem Ersatzbrennverlauf eine weitere motorische Kenngröße des Verbrennungsmotors zu berechnen. Dies kann – beispielsweise bei einer Simulation des Verbrennungsmotors oder besonders bevorzugt in einem Motorsteuergerät – genutzt werden, um motorische Kenngrößen wie insbesondere den Wirkungsgrad, die Leistung und/oder die Emissionen des Verbrennungsmotors beziehungsweise eine Änderung dieser Größen bei Änderung weiterer Randbedingungen vorherzusagen. Auch ist es möglich, das Verfahren zur Regelung des Verbrennungsmotors beziehungsweise zur Regelung mindestens einer motorischen Kenngröße des Verbrennungsmotors heranzuziehen.

In diesem Zusammenhang wird ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass der für einen Verbrennungsmotor ermittelte Ersatzbrennverlauf und/oder die mindestens eine weitere motorische Kenngröße herangezogen wird/werden, um den Betriebszustand des Verbrennungsmotors zu beeinflussen. Es ist also – insbesondere in einem Motorsteuergerät – möglich, auf der Grundlage der erfassten motorischen Kenngrößen den Ersatzbrennverlauf und/oder die mindestens eine weitere motorische Kenngröße zu berechnen, wobei diese zur Bewertung des Betriebszustands des Verbrennungsmotors und insbesondere auf der Grundlage dieser Bewertung auch zu dessen Beeinflussung herangezogen werden können.

Wird das Verfahren in einem Motorsteuergerät durchgeführt, kann auf der Grundlage der dort vorliegenden, also am Motor erfassten motorischen Kenngrößen der Ersatzbrennverlauf und/oder die mindestens eine weitere motorische Kenngröße ermittelt beziehungsweise berechnet werden. Wird dabei ein nicht optimaler Brennverlauf oder ein nicht optimaler Wert der weiteren motorischen Kenngröße erkannt, oder wird eine Abweichung von einem Soll-Brennverlauf oder einem Soll-Wert für die weitere motorische Kenngröße festgestellt, ist es möglich, auf Grundlage dieser Erkenntnis beziehungsweise Feststellung den Betriebszustand des Verbrennungsmotors gezielt zu beeinflussen. Dabei kann mindestens eine motorische Kenngröße verändert werden, um dem erkannten Problem entgegenzuwirken.

Es wird ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass eine Änderung des Ersatzbrennverlaufs und/oder der weiteren motorischen Kenngröße bei Änderung einer ausgewählten motorischen Kenngröße berechnet wird, wobei die auf diese Weise vorhergesagte Änderung bewertet wird. Es ist also möglich, versuchsweise eine ausgewählte motorische Kenngröße – vorzugsweise zunächst nur virtuell – zu ändern und mithilfe des Verfahrens festzustellen, wie sich diese Änderung auf den Ersatzbrennverlauf und/oder die weitere motorische Kenngröße auswirkt. Insbesondere durch Vergleich mit mindestens einem Soll-Wert oder einem Soll-Brennverlauf ist eine Bewertung der Änderung möglich. Auf der Grundlage dieser Bewertung ist es dann wiederum möglich, die ausgewählte motorische Kenngröße – diesmal real in dem Verbrennungsmotor – entweder zu verändern oder konstant zu halten. Auf diese Weise kann insbesondere der Betriebszustand des Verbrennungsmotors beeinflusst werden, um beispielsweise dessen Wirkungsgrad oder Leistung zu erhöhen, oder um Emissionswerte zu erniedrigen.

In diesem Zusammenhang wird auch ein Verfahren bevorzugt, bei dem eine Vielzahl von Änderungen der ausgewählten motorischen Kenngröße in Hinblick auf resultierende Änderungen des Ersatzbrennverlaufs und/oder der weiteren motorischen Kenngröße bewertet werden. Dabei werden vorzugsweise diese Änderungen auch zunächst nur virtuell vorgenommen, um mithilfe des Berechnungsverfahrens die Auswirkungen solcher Änderungen zu untersuchen. Die ausgewählte motorische Kenngröße kann sodann auf der Grundlage dieser Bewertungen – diesmal real in dem Verbrennungsmotor – verändert oder auch konstant gehalten werden. Dabei wird für eine Veränderung der ausgewählten motorischen Kenngröße vorzugsweise der Änderungswert herangezogen, bei welchem die Auswirkung auf den Ersatzbrennverlauf und/oder auf die weitere

motorische Kenngröße unter den gegebenen Rahmenbedingungen am besten bewertet wurde.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass dieses Verfahren iterativ durchgeführt wird. Insbesondere ist es möglich, wiederum Änderungen der zuvor geänderten ausgewählten motorischen Kenngröße zu untersuchen, um festzustellen, ob weitere positive Änderungen des Ersatzbrennverlaufs und/oder der weiteren motorischen Kenngröße zu erwarten sind. Ist dies der Fall, kann die ausgewählte motorische Kenngröße erneut geändert werden. Dies kann fortgesetzt werden, bis ein Extremum bezüglich der Bewertung der Änderungen des Ersatzbrennverlaufs und/oder der weiteren motorischen Kenngröße erreicht ist. Auf diese Weise ist es beispielsweise möglich, den Wirkungsgrad oder die Leistung des Verbrennungsmotors zu maximieren oder Emissionswerte oder auch einen Kraftstoffverbrauch desselben zu minimieren.

Vorzugsweise wird das Verfahren zur Regelung einer motorischen Kenngröße im Betrieb des Verbrennungsmotors herangezogen. Dabei wird vorzugsweise ein Soll-Wert für eine ausgewählte motorische Kenngröße vorgegeben, und ein aktuell von dem Motorsteuergerät erfasster Wert für die ausgewählte motorische Kenngröße wird mit dem Soll-Wert verglichen. Mithilfe des Verfahrens kann insbesondere auf der Grundlage des Ersatzbrennverlaufs prognostiziert werden, wie sich eine Änderung von motorischen Kenngrößen auf die Regelabweichung der ausgewählten motorischen Kenngröße auswirkt. Somit können effizient und gezielt mögliche Änderungen motorischer Kenngrößen ermittelt werden, die zu einer raschen Verringerung der Regelabweichung führen.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass der Ersatz-Einspritzverlauf und/oder der Ersatzbrennverlauf für mindestens einen Betriebspunkt im Kennfeld eines Verbrennungsmotors ermittelt wird/werden. Der Ersatzbrennverlauf wird dann anhand des Ersatz-Einspritzverlaufs für weitere Betriebspunkte des Kennfelds umgerechnet. Es ist demnach möglich, den Ersatzbrennverlauf und/oder den Ersatz-Einspritzverlauf nur an wenigen Stellen des Kennfelds mit Messdaten abzugleichen, wobei der Ersatzbrennverlauf auf Grundlage des Ersatz-Einspritzverlaufs leicht für weitere Betriebspunkte im Kennfeld umgerechnet werden kann.

Um den Ersatz-Einspritzverlauf und den Ersatzbrennverlauf zu erhalten, ist es möglich, auf folgende Weise vorzugehen: Es wird zunächst ein Verbrennungsmodell auf der Basis von Messdaten oder ein empirisches, mathematisch/physikalisches Verbrennungsmodell gewählt, welches noch nicht in Hinblick auf einen konkreten Verbrennungsmotor parametrierung ist. Anhand dieses Verbrennungsmodells werden die erste Kurvenform und die Anzahl der zu ihrer Beschreibung notwendigen Stützpunkte gewählt. Dabei sind zunächst nur die reine Kurvenform und die Zahl der Stützpunkte festgelegt, ohne dass diese bereits parametrierung sind. Es ist dann möglich, den Ersatz-Einspritzverlauf mithilfe konkreter motorischer Kenngrößen für einen konkreten Verbrennungsmotor zu parametrierung, wobei insbesondere die Lage der Stützpunkte festgelegt wird. Aus diesem parametrierung Ersatz-Einspritzverlauf ist es möglich, einen parametrierung Ersatzbrennverlauf zu berechnen.

Bei dieser Vorgehensweise können Ungenauigkeiten auftreten, weil zunächst der nicht parametrierung Ersatz-Einspritzverlauf nur grob an das nicht parametrierung Modell angepasst wird, woraufhin danach erst eine Parametrierung des Ersatz-Einspritzverlaufs erfolgt. Dabei sind demnach Fehler sowohl bei der Anpassung des nicht parametrierung Ersatz-Einspritzverlaufs an das nicht parametrierung Modell sowie auch bei der Parametrierung des Ersatz-Einspritzverlaufs möglich.

Alternativ ist es möglich, auf folgende Weise vorzugehen: Es wird ein vollständig parametrierung Verbrennungsmodell für einen konkreten Verbrennungsmotor entweder auf der Grundlage von Messdaten oder auf der Grundlage eines empirischen, mathematisch/physikalischen Modells herangezogen, an welches ein bezüglich seiner ersten Kurvenform und der Zahl der Stützpunkte passender Ersatz-Einspritzverlauf angepasst wird. Werden dabei die Stützpunkte passgenau auf das parametrierung Modell gelegt, ergibt sich zugleich eine Parametrierung des Ersatz-Einspritzverlaufs. Hierbei addieren sich demnach nicht Parametrierungs- und Anpassungsfehler, weil nur einmalig eine Anpassung an das bereits parametrierung Modell stattfindet. Aus dem auf diese Weise parametrierung Ersatz-Einspritzverlauf kann dann ein parametrierung Ersatzbrennverlauf berechnet werden. Diese Vorgehensweise bietet zwar eine höhere Genauigkeit als die zuvor beschriebene Vorgehensweise, es ist jedoch nötig, zunächst ein vollständig parametrierung Modell aufzustellen, was mit erheblichem Aufwand verbunden ist.

Wie bereits mehrfach angedeutet, wird das Verfahren bevorzugt in einem Motorsteuergerät durchgeführt. Dabei ist es insbesondere möglich, den Betriebszustand des Motors zu beeinflussen und/oder den Verbrennungsmotor zu regeln. Es ist auch möglich, dem Fahrer auf der Grundlage des Verfahrens Informationen über den Verbrennungsmotor beziehungsweise dessen Verbrennungsverhalten zur Verfügung zu stellen. Diese Möglichkeit kann auch genutzt werden, wenn das Verfahren in einem Motorsteuergerät auf einem Motorprüfstand durchgeführt wird, wobei hier einem Werker, der einen Testlauf des Verbrennungsmotors überwacht, wertvolle Informationen zur Verfügung gestellt werden, die gegebenenfalls nicht ohne Weiteres anderweitig verfügbar sind.

Die Aufgabe wird auch gelöst, indem ein Datenverarbeitungssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 12 geschaffen wird. Dabei ist das Datenverarbeitungssystem bevorzugt als Motorsteuergerät ausgebildet. Es ist so eingerichtet, dass mit seiner Hilfe motorische Kenngrößen berechnet werden können. Das Datenverarbeitungssystem zeichnet sich dadurch aus, dass es zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 eingerichtet ist. Dabei ergeben sich die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren genannten Vorteile. Insbesondere kann ein solches Datenverarbeitungssystem einen kleineren Speicher und/oder eine kleinere Rechenleistung aufweisen als Datenverarbeitungssysteme, in welchen bekannte Verfahren zur Berechnung motorischer Kenngrößen implementiert sind; oder ein Datenverarbeitungssystem mit gleich großem Speicherplatz und/oder gleich großer Rechenleistung kann zusätzliche Aufgaben übernehmen, für die ansonsten zusätzlicher Speicherplatz und/oder zusätzliche Rechenleistung erforderlich wären. Dies schlägt letztlich als Gewichts- und/oder Preisvorteil für das Datenverarbeitungssystem, insbesondere für das Motorsteuergerät zu Buche.

Die Aufgabe wird schließlich auch gelöst, indem ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 13 geschaffen wird. Dieses umfasst Programmcodemittel, die auf einem computerlesbaren Datenträger, der insbesondere als Mikrochip eines Motorsteuergeräts ausgebildet ist, gespeichert sind, um ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer, insbesondere auf einem Computer eines Motorsteuergeräts, ausgeführt wird. Dabei ergeben sich die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren und mit dem Datenverarbeitungssystem erläutert wurden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1a) eine schematische, diagrammatische Darstellung eines Ersatz-Einspritzverlaufs;
- Fig. 1b) eine schematische, diagrammatische Darstellung eines Ersatzbrennverlaufs, und
- Fig. 2 eine schematische, diagrammatische Überlagerung eines Ersatz-Einspritzverlaufs mit Zwischenergebnissen für den Ersatzbrennverlauf für eine erste Verbrennungsphase und eine zweite Verbrennungsphase.

Figur 1a) zeigt eine schematische, diagrammatische Darstellung eines Ersatz-Einspritzverlaufs EV. Auf der Ordinate ist der Einspritzverlauf EV abgetragen, der typischerweise in pro Zeiteinheit eingespritzter Kraftstoffmasse, insbesondere in kg/s angegeben wird. Auf der Abszisse abgetragen ist der Kurbelwinkel ϕ des Verbrennungsmotors als Maß für die Zeit, der typischerweise in °KW (Grad Kurbelwinkel) angegeben wird. Der Einspritzverlauf EV weist eine im Wesentlichen trapezförmige Kurvenform auf, die durch vier Stützpunkte E1, E2, E3, E4 beschrieben wird, wobei diese durch Geradenabschnitte miteinander verbunden sind. Bei einer alternativen Ausführungsform des Verfahrens ist vorzugsweise mindestens ein Geradenabschnitt, der zwei Stützpunkte miteinander verbindet, durch eine andere Funktion, vorzugsweise durch eine abgerundete und/oder gewichtete Funktion ersetzt. Besonders bevorzugt wird der gesamte, im Wesentlichen trapezförmige Ersatz-Einspritzverlauf EV durch einen mit einer vorherbestimmten Funktion gewichteten Verlauf beschrieben. Insbesondere ist es möglich, mindestens eine lineare Verbindung der Stützpunkte mit einer vorherbestimmten Funktion zu gewichten. Eine abgerundete Funktion ist dabei vorzugsweise insbesondere im Bereich der Stützpunkte E1, E2, E3, E4 abgerundet, um nicht differenzierbare Bereiche des Ersatz-Einspritzverlaufs EV zu vermeiden. Die Lage der Stützpunkte E1, E2, E3, E4 wird für einen konkreten Betriebspunkt eines konkreten Verbrennungsmotors aus mindestens einer ersten motorischen Kenngröße berechnet, wobei hier insbesondere die Drehzahl, der Einspritzbeginn, die Einspritzdauer, die eingespritzte Kraftstoffmenge, die Kraftstoff-Temperatur, die Kraftstoffdichte, der Einspritzdruck, der Zylinderinnendruck zum Zeitpunkt des Einspritzbeginns, und/oder das Verdichtungsverhältnis eines konkret betrachteten Zylinders des Verbrennungsmotors zur Berechnung herangezogen werden.

Dabei zeigt sich Folgendes: Eine Variation des Einspritzdrucks, insbesondere des Drucks in einem Druckspeicher, einem sogenannten Rail, verändert im Wesentlichen die Steigung der Flanke zwischen den Stützpunkten E1, E2. Eine Variation der Einspritzdauer wirkt sich im Wesentlichen auf die Plateaulänge zwischen den Stützpunkten E2, E3 aus. Ein Zylinderinnendruck zum Zeitpunkt des Einspritzbeginns wirkt sich auf die Höhe des Plateaus zwischen den Punkten E2, E3 aus, weil der Zylinderinnendruck quasi einen Druck darstellt, gegen den die Einspritzung anarbeiten muss. Dieser Einfluss ist allerdings marginal. Schließlich wirkt sich auch die Temperatur des Kraftstoffs und damit dessen Dichte auf den Ersatz-Einspritzverlauf aus.

Figur 1b) zeigt eine schematische, diagrammatische Darstellung eines auf der Grundlage des in Figur 1a) dargestellten Ersatz-Einspritzverlaufs berechneten Ersatzbrennverlaufs BV, wobei der Ersatzbrennverlauf BV, mithin die pro Grad Kurbelwelle freigesetzte Wärmemenge, vorzugsweise angegeben in $\text{J}/^\circ\text{KW}$, auf der Ordinate abgetragen ist. Auf der Abszisse ist wiederum der Kurbelwinkel ϕ , vorzugsweise angegeben in $^\circ\text{KW}$, abgetragen. Dabei zeigt sich, dass der Ersatzbrennverlauf bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens beschrieben ist durch einen Polygonzug mit sich anschließender Hyperbel, wobei vorzugsweise sechs Stützpunkte B1, B2, B3, B4, B5, B6 zur Beschreibung des Ersatzbrennverlaufs berechnet werden. Dabei sind die Stützpunkte B1 bis B5 hier durch Geradenabschnitte, also lineare Funktionen, miteinander verbunden, während die beiden Stützpunkte mit den höchsten Abszissenwerten, mithin die letzten beiden Stützpunkte B5, B6 durch eine Hyperbel verbunden sind, die durch den zusätzlichen Parameter b beschrieben wird.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel des Verfahrens ist es möglich, mindestens einen der die Stützpunkte B1 bis B5 verbindenden Geradenabschnitte durch eine gewichtete und/oder abgerundete Funktion zu ersetzen, beziehungsweise mindestens eine lineare Verbindung zwischen zwei Stützpunkten mit einer vorherbestimmten Funktion zu gewichten. Dabei ergibt sich auch hier, dass eine abgerundete Funktion vorzugsweise insbesondere im Bereich der Stützpunkte B1 bis B5 abgerundet ist, um undifferenzierbare Bereiche des Ersatzbrennverlaufs nach Möglichkeit zu vermeiden. Es ist auch möglich, den Verlauf der Hyperbel zwischen den Stützpunkten B5, B6 mit einer vorherbestimmten Funktion zu gewichten. Schließlich ist es möglich, den Ersatzbrennverlauf BV vollständig durch eine vorherbestimmte, gewichtete und/oder abgerundete Funktion zu beschreiben, die durch die Stützpunkte B1 bis B6 verläuft.

Der erste Stützpunkt B1 des Ersatzbrennverlaufs BV wird vorzugsweise berechnet als Funktion eines Einspritzbeginns und einer Zündverzugszeit Δt_{zv} . Besonders bevorzugt ist seine Lage relativ zu dem Zeitpunkt – angegeben in °KW – des Einspritzbeginns gegeben durch diesen zuzüglich der Zündverzugszeit Δt_{zv} – ebenfalls angegeben im °KW. Dabei kann der Ordinatenwert des ersten Stützpunkts B1 in einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zu Null gesetzt werden, weil zu dem von dem ersten Stützpunkt B1 gekennzeichneten Zündzeitpunkt zumindest in erster Näherung noch keine Wärmemenge freigesetzt wurde.

Der zweite Stützpunkt B2 und der dritte Stützpunkt B3 werden vorzugsweise aus dem Ersatz-Einspritzverlauf EV und der Zündverzugszeit Δt_{zv} berechnet. Die vierten und fünften Stützpunkte B4, B5 werden bevorzugt aus dem Ersatz-Einspritzverlauf berechnet. Hierauf wird im Folgenden noch näher eingegangen.

Der sechste Stützpunkt B6 wird vorzugsweise aus einem Öffnungszeitpunkt eines Auslassventils des betrachteten Zylinders des Verbrennungsmotors berechnet. Der zusätzliche Parameter b, der die Hyperbel beschreibt, welche die Stützpunkte B5, B6 verbindet, wird bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens als Funktion der Drehzahl und/oder als Funktion einer Ladungsbewegung in dem betrachteten Zylinder, insbesondere einem Drall, berechnet.

In einer bevorzugten, besonders einfachen Ausführungsform des Verfahrens werden Vor-Verbrennungseffekte in dem betrachteten Zylinder des Verbrennungsmotors vernachlässigt, sodass nur der in Figur 1b) durchgezogen dargestellte Ersatzbrennverlauf BV betrachtet wird, der durch die Stützpunkte B1, B2, B3, B4, B5, B6 beschrieben wird.

Bei einer anderen, komplexeren Ausführungsform des Verfahrens ist es möglich, auch Vor-Verbrennungseffekte zu berücksichtigen, indem die weiteren Stützpunkte B7, B8 hinzugenommen werden, die bei kleineren Abszissenwerten angeordnet sind als der erste Stützpunkt B1 und strichliert dargestellt sowie durch strichlierte Geradenabschnitte miteinander und mit dem ersten Stützpunkt B1 verbunden sind.

Figur 2 zeigt eine schematische, diagrammatische Darstellung einer Überlagerung des Ersatz-Einspritzverlaufs EV mit zwei Brennverläufen BV, die als Zwischenschritte in der

Berechnung des Ersatzbrennverlaufs gemäß Figur 1b) auftreten. Anhand von Figur 2 wird die Berechnung der Stützstellen des Ersatzbrennverlaufs aus dem Ersatz-Einspritzverlauf näher erläutert. Gleiche und funktionsgleiche Elemente sind dabei mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird.

Um den Ersatzbrennverlauf BV aus dem Ersatz-Einspritzverlauf EV zu berechnen, wird angenommen, dass die Verbrennung in dem Zylinder im Wesentlichen zwei Phasen umfasst, die sich überlappen. Dabei findet in einer ersten Phase der sogenannten Premixed-Verbrennung im Anschluss an die Zündverzugszeit Δt_{zv} eine schlagartige Verbrennung der bis zum Zündzeitpunkt eingespritzten und dabei mit Brennluft vorvermischten Kraftstoffmenge statt.

Diese erste Verbrennungsphase wird in Figur 2 durch den strichpunktiert dargestellten Brennverlauf BV1 dargestellt. Er beginnt in dem ersten Stützpunkt B1, der auf der Abszisse von dem ersten Stützpunkt E1 des Ersatz-Einspritzverlaufs, mithin von dem Einspritzbeginn, durch die Zündverzugszeit Δt_{zv} beabstandet ist. Dem liegt die Beobachtung zugrunde, dass der Kraftstoff nach Beginn der Einspritzung in den Brennraum chemisch bedingt eine gewisse Zeit benötigt, um zu zünden und zu verbrennen. Hieraus resultiert die Zündverzugszeit Δt_{zv} , innerhalb der durch fortgesetzte Einspritzung eine gewisse Kraftstoffmasse $m_{K,p}$ eingespritzt und mit Luft vermischt wird, die sich als schraffierte Fläche unter dem Ersatz-Einspritzverlauf EV zwischen den Stützpunkten E1 und B1, also durch Integration des Ersatz-Einspritzverlaufs EV zwischen den Punkten E1, B1 und damit nach folgender Gleichung (1) ergibt:

$$m_{K,p} = \int_{E1}^{B1} EV(\varphi) d\varphi = \int_{E1}^{B1} \dot{m}_K(t) dt, \quad (1)$$

mit der pro Zeiteinheit eingespritzten Kraftstoffmasse

$$\dot{m}_K(t) = \frac{d}{dt} m_K(t).$$

Das Phänomen, dass diese während der Zündverzugszeit Δt_{zv} in den Brennraum eingespritzte und mit Brennluft vermischte Kraftstoffmasse $m_{K,p}$ nach der Zündung zu dem durch den Stützpunkt B1 angegebenen Zündzeitpunkt nahezu schlagartig verbrennt,

wird als vorgemischte Verbrennung oder Premixed-Verbrennung bezeichnet. Diese wird durch den strichpunktierten Brennverlauf BV1 beschrieben, der annähernd dreieckig verläuft, und dessen linke Flanke den ersten Stützpunkt B1 mit dem zweiten Stützpunkt B2 verbindet. Die Lage des Stützpunkts B2 ist demnach durch die vorgemischte Verbrennung bestimmt, wobei sie sich insbesondere aus Gleichung (1) in Zusammenhang mit der in der folgenden Gleichung (2) formulierten Bedingung ergibt. Die bei der vorgemischten Verbrennung freigesetzte Wärmemenge Q_p ergibt sich als Fläche unter dem Brennverlauf BV1, also als Fläche unter der strichpunktierten Linie in Figur 2, die sich von dem ersten Stützpunkt B1 zu dem zweiten Stützpunkt B2 und weiter zu dem Stützpunkt B3'' erstreckt. Sie ist also zum einen gegeben als Integral des Brennverlaufs BV1 über die Dauer der vorgemischten Verbrennung, mithin über das – in °KW angegebene – Intervall Δt_{pm} . Zum anderen ergibt sich die bei der vorgemischten Verbrennung freigesetzte Wärmemenge Q_p auch als Produkt des Heizwerts H_u des Kraftstoffs multipliziert mit der während der Zündverzugszeit Δt_{zv} eingespritzten Kraftstoffmasse $m_{K,p}$. Hieraus folgt Gleichung (2):

$$Q_p = H_u \cdot m_{K,p} = \int_{B1}^{B3''} BV1(\varphi) d\varphi = \int_{B1}^{B3''} \dot{Q}_p(t) dt, \quad (2)$$

mit der pro Zeiteinheit während der vorgemischten Verbrennung freigesetzten Wärmemenge

$$\dot{Q}_p(t) = \frac{d}{dt} Q_p(t).$$

Da die Lage des ersten Stützpunkts B1 für den Brennverlauf bereits durch die Zündverzugszeit Δt_{zv} vorgegeben ist, und sich die Lage des Endpunkts B3'' der vorgemischten Verbrennung bei Kenntnis der während der Zündverzugszeit Δt_{zv} eingespritzten Kraftstoffmasse $m_{K,p}$ und der entsprechenden Reaktionsgeschwindigkeiten aus der Dauer der vorgemischten Verbrennung Δt_{pm} berechnen lässt, lässt sich die Lage des zweiten Stützpunkts B2 insbesondere dann mithilfe der Gleichungen (1) und (2) eindeutig bestimmen, wenn man fordert, dass der Brennverlauf BV1 der vorgemischten Verbrennung bezüglich einer mittig zwischen den Punkten B1 und B3'' angeordneten Spiegelebene symmetrisch ausgebildet ist, der zweite Stützpunkt B2 mithin auf der Mittellinie zwischen den Stützpunkten B1, B3'' liegt. Damit ergibt sich insgesamt die Lage des zweiten Stützpunkts B2 vorzugsweise aus der Annahme einer symmetrischen

Dreiecksform für den Brennverlauf BV1 der vorgemischten Verbrennung und den Gleichungen (1) und (2).

Eine zweite Verbrennungsphase, die mit der vorgemischten Verbrennung überlappt, wird als Diffusionsverbrennung bezeichnet und in Figur 2 durch den strichliert dargestellten Brennverlauf BV2 beschrieben. Die Grundannahme der Diffusionsverbrennung beruht darauf, dass der während der Einspritzdauer nach Ablauf der Zündverzugszeit Δt_{zv} eingespritzte Kraftstoff im Moment des Einspritzens nicht hinreichend mit Brennluft vermischt ist, um gezündet zu werden. Die Vermischung mit Brennluft erfolgt im Wesentlichen durch Diffusion, sodass der in Figur 2 durch den Stützpunkt B3' dargestellte Zeitpunkt, zudem die Diffusionsverbrennung einsetzt, von dem Zündzeitpunkt, der in Figur 2 durch den Stützpunkt B1 dargestellt wird, um eine Zeitspanne Δt_D versetzt ist, die durch eine Diffusionskonstante des Kraftstoffs in der Brennluft bestimmt ist. Weiterhin wird angenommen, dass die Reaktionsgeschwindigkeit des einmal entzündeten Kraftstoffs sehr viel schneller ist als die durch die charakteristische Diffusionszeit Δt_D bestimmte Diffusion, sodass die Reaktion vollständig diffusionskontrolliert abläuft. Damit ergibt sich die Lage des zweiten Stützpunkts B4 des Brennverlaufs BV2 für die Diffusionsverbrennung aus dem Verlauf des Ersatz-Einspritzverlaufs EV von dessen Schnittpunkt mit einer Ordinaten-Parallele im Stützpunkt B1 zu dessen zweitem Stützpunkt E2 unter Berücksichtigung der charakteristischen Diffusionszeit Δt_D .

Die Lage des dritten Stützpunkts des Brennverlaufs BV2 für die Diffusionsverbrennung ergibt sich im Wesentlichen aus dem Verlauf des Ersatz-Einspritzverlaufs EV zwischen den Stützpunkten E2, E3. Insbesondere korreliert die Lage des Stützpunkts B5 mit dem Plateau-Ende des Einspritzverlaufs EV bei dem Stützpunkt E3 unter Berücksichtigung der charakteristischen Diffusionszeit Δt_D .

Der Stützpunkt E3 des Ersatz-Einspritzverlaufs stellt dabei den Zeitpunkt dar, zudem ein den Kraftstoff eindüsender Injektor seinen Schließhub beginnt. Da dieser eine endliche Zeitspanne in Anspruch nimmt, wird noch bis zu dem tatsächlichen Einspritzende bei dem Stützpunkt E4 Kraftstoff in den Brennraum eingebracht.

Der nach dem Einspritzende noch nicht umgesetzte Kraftstoff verbrennt in einer Ausbrandphase, die durch die Hyperbel beschrieben wird, welche die Stützpunkte B5, B6

verbindet. Der Parameter b und die Lage des Stützpunktes B6 sind demnach im Wesentlichen durch diese Ausbrandphase bestimmt.

Als weitere Bedingungen für die Lage der Stützpunkte B4, B5 und B6 sowie den weiteren Parameter b kommt folgendes hinzu: Für die Diffusionsverbrennung steht eine Kraftstoffmasse $m_{K,D}$ zur Verfügung, die sich als Fläche unter dem Einspritzverlauf EV von dem Stützpunkt B1 bis zu dem durch den Stützpunkt E4 gegebenen tatsächlichen Einspritzende ergibt, mithin durch das Integral des Ersatz-Einspritzverlaufs EV zwischen diesen Punkten, also nach der folgenden Gleichung (3):

$$m_{K,D} = \int_{B1}^{E4} EV(\varphi) d\varphi = \int_{B1}^{E4} \dot{m}_K(t) dt. \quad (3)$$

Die während der Diffusionsverbrennung freigesetzte Wärmemenge Q_D ergibt sich nun einerseits als Produkt des Heizwerts des Kraftstoffs multipliziert mit der für die Diffusionsverbrennung zur Verfügung stehenden Kraftstoffmasse $m_{K,D}$, und andererseits aus der Fläche unter dem Brennverlauf BV2 für die Diffusionsverbrennung, mithin aus dem Integral über den Brennverlauf BV2 von dem Stützpunkt B3' bis zu dem Stützpunkt B6. Hieraus resultiert insgesamt die folgende Gleichung (4):

$$Q_D = \int_{B3'}^{B6} BV2(\varphi) d\varphi = \int_{B3'}^{B6} \dot{Q}_D(t) dt, \quad (4)$$

mit der pro Zeiteinheit während der Diffusionsverbrennung freigesetzten Wärmemenge

$$\dot{Q}_D(t) = \frac{d}{dt} Q_D(t).$$

Damit ist insgesamt aus den beschriebenen Zusammenhängen und unter den Bedingungen der Gleichungen (3) und (4) der Brennverlauf BV2 für die Diffusionsverbrennung aus dem Ersatz-Einspritzverlauf EV berechenbar.

Der Gesamtbrennverlauf BV ergibt sich nun aus einer Superposition beziehungsweise Summe des Brennverlaufs BV1 für die vorgemischte Verbrennung und des Brennverlaufs BV2 für die Diffusionsverbrennung. Damit ist der dritte Stützpunkt B3 des

Ersatzbrennverlaufs insbesondere gegeben durch die Lage der Stützpunkte B3', B3'' und der linearen Verbindungen zwischen den Stützpunkten B2 und B3'' einerseits, sowie B3' und B4 andererseits.

Es zeigt sich, dass bei einer besonders einfachen Ausführungsform des Verfahrens sowohl der Ersatz-Einspritzverlauf als auch der Ersatzbrennverlauf durch im Wesentlichen linear miteinander verbundene Stützpunkte beschrieben werden. Bei anderen Ausführungsformen des Verfahrens ist es möglich, mindestens einen solchen linearen Verlauf zwischen zwei Stützpunkten zu ersetzen durch eine vorherbestimmte gewichtete und/oder abgerundete Funktion. Es ist auch möglich, mindestens eine lineare Verbindung zwischen zwei Stützpunkten durch eine vorherbestimmte Funktion zu gewichten. Hierdurch ist es möglich, eine noch genauere Beschreibung des tatsächlichen Einspritzverlaufs und/oder des tatsächlichen Brennverlaufs zu erhalten, ohne dass dabei der Rechen- und Speicheraufwand übermäßig ansteigen würde, weil nur eine geringe Zahl zusätzlicher Parameter hinzutritt, die gegebenenfalls berechnet werden müssen. Insbesondere ist es auch möglich, den Ersatz-Einspritzverlauf und/oder den Ersatzbrennverlauf durch eine vorherbestimmte, gewichtete und/oder abgerundete Funktion zu beschreiben, die durch die jeweiligen Stützpunkte verläuft.

Es zeigt sich auch, dass die hier beschriebene Ableitung des Ersatzbrennverlaufs BV aus dem Ersatz-Einspritzverlauf EV wesentlich auf der Annahme einer Proportionalität zwischen dem Einspritzverlauf und dem Brennverlauf beruht. Bei einer Ausführungsform des Verfahrens ist es jedoch möglich, diese Annahme zu verfeinern, indem die angenommene Proportionalität mit einer vorherbestimmten Funktion gewichtet wird. So ist es möglich, ohne eine erhebliche Erhöhung des Rechen- und Speicheraufwands eine noch genauere Beschreibung der tatsächlichen Vorgänge, insbesondere des tatsächlichen Einspritzverlaufs und/oder des tatsächlichen Brennverlaufs zu erhalten.

Insgesamt zeigt sich, dass es mithilfe des Verfahrens möglich ist, mit geringem Rechenaufwand, geringer Speicherkapazität und geringer Rechenleistung einen Ersatzbrennverlauf BV aus einem Ersatz-Einspritzverlauf EV und wenigen motorischen Kenngrößen zu berechnen. Hierbei wirkt sich vereinfachend und Speicherplatz sparend im Wesentlichen aus, dass sowohl der Ersatz-Einspritzverlauf EV als auch der Ersatzbrennverlauf BV durch wenige Stützpunkte, vorzugsweise vier beziehungsweise sechs Stützpunkte, und gegebenenfalls wenige, vorzugsweise einen Zusatzparameter

beschrieben sind, indem eine Grundannahme über sowohl eine erste Kurvenform für den Ersatz-Einspritzverlauf EV als auch eine zweite Kurvenform für den Ersatzbrennverlauf BV herangezogen wird. Dabei sind die Zusammenhänge zwischen motorischen Kenngrößen, welche in die Berechnung des Ersatz-Einspritzverlaufs EV eingehen und dem resultierenden Ersatz-Einspritzverlauf EV vergleichsweise einfach und verständlich. Weiterhin ergibt sich der Ersatzbrennverlauf BV durch relativ einfache Zusammenhänge aus dem Ersatz-Einspritzverlauf EV unter Zuhilfenahme weiterer motorischer Kenngrößen. Insgesamt entsteht so eine nicht nur mathematisch sehr einfache, leicht und schnell berechenbare, sondern auch physikalisch verständliche Modellierung. Aus dem Ersatzbrennverlauf BV sind wiederum weitere motorische Kenngrößen berechenbar. Die wesentlichen Kenngrößen gemessener Brennverläufe werden durch den mithilfe des Verfahrens berechneten Ersatzbrennverlauf BV genau wiedergegeben. Insbesondere in der Reglersoftware eines Motorsteuergeräts ist eine schnelle und einfache Berechnung des Ersatzbrennverlaufs BV sowie gegebenenfalls mindestens einer weiteren motorischen Kenngröße möglich. Dabei sind die wesentlichen motorischen Kenngrößen, die zur Berechnung benötigt werden, direkt aus dem Motorsteuergerät ablesbar, ohne dass es weiterer Maßnahmen bedarf. Entsprechend wird auch ein Motorsteuergerät bevorzugt, welches zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist, und es wird ein Computerprogrammprodukt bevorzugt, mithilfe dessen das Verfahren durchführbar ist, wenn das Programm auf einem Computer, insbesondere auf einem Computer eines Motorsteuergeräts ausgeführt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Berechnung motorischer Kenngrößen eines Verbrennungsmotors mit folgenden Schritten: Ermitteln eines Ersatz-Einspritzverlaufs (EV) in einer ersten durch Stützpunkte (E1,E2,E3,E4) beschriebenen Kurvenform, indem die Stützpunkte (E1,E2,E3,E4) aus mindestens einer ersten motorischen Kenngröße berechnet werden, und Ermitteln eines Ersatzbrennverlaufs (BV) in einer zweiten durch Stützpunkte (B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8) beschriebenen Kurvenform, indem mindestens ein Stützpunkt (B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8) aus dem Ersatz-Einspritzverlauf (EV) und mindestens einer zweiten motorischen Kenngröße berechnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass für den Ersatz-Einspritzverlauf (EV) eine Trapezform mit höchstens zehn, vorzugsweise höchstens acht, vorzugsweise höchstens sechs, besonders bevorzugt genau vier Stützpunkten (E1,E2,E3,E4) angenommen wird, wobei jeweils ein vorherbestimmter funktionaler Verlauf, vorzugsweise ein linearer und/oder ein mit mindestens einer vorherbestimmten Funktion gewichteter und/oder abgerundeter Verlauf, zwischen den Stützpunkten (E1,E2,E3,E4) angenommen wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ersatzbrennverlauf (BV) durch höchstens zwölf, vorzugsweise höchstens zehn, vorzugsweise höchstens acht, bevorzugt genau sechs Stützpunkte (B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8) sowie einen vorherbestimmten funktionalen Verlauf zwischen den Stützpunkten (B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8) beschrieben wird, wobei die zweite Kurvenform vorzugsweise als ein die Stützpunkte (B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8) mit Ausnahme des letzten Stützpunkts (B6) mit dem höchsten Abszissenwert verbindender, bevorzugt mit mindestens einer

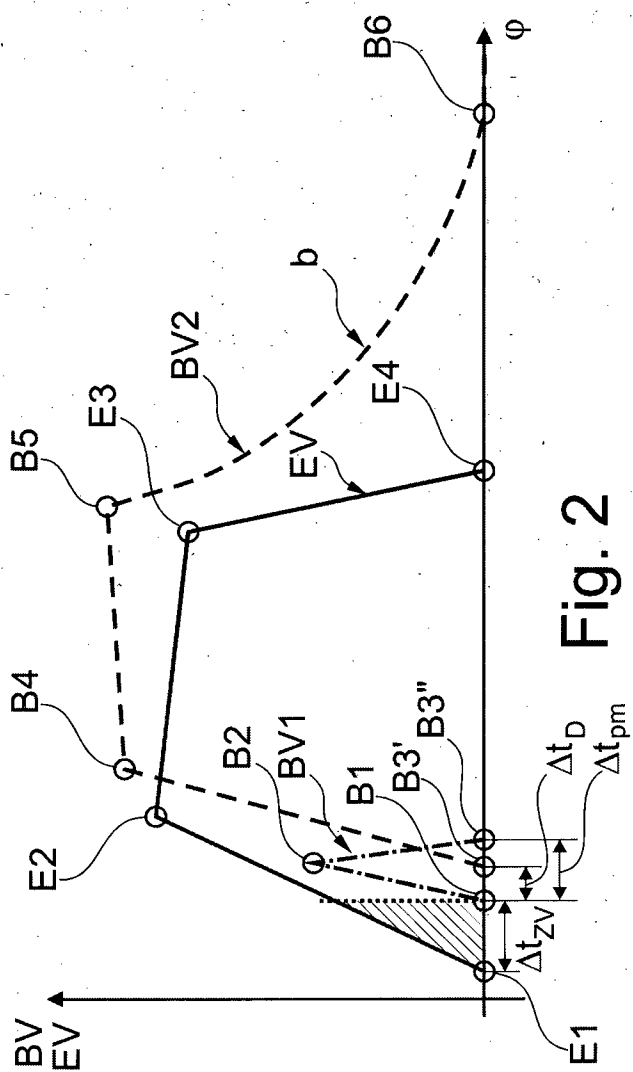
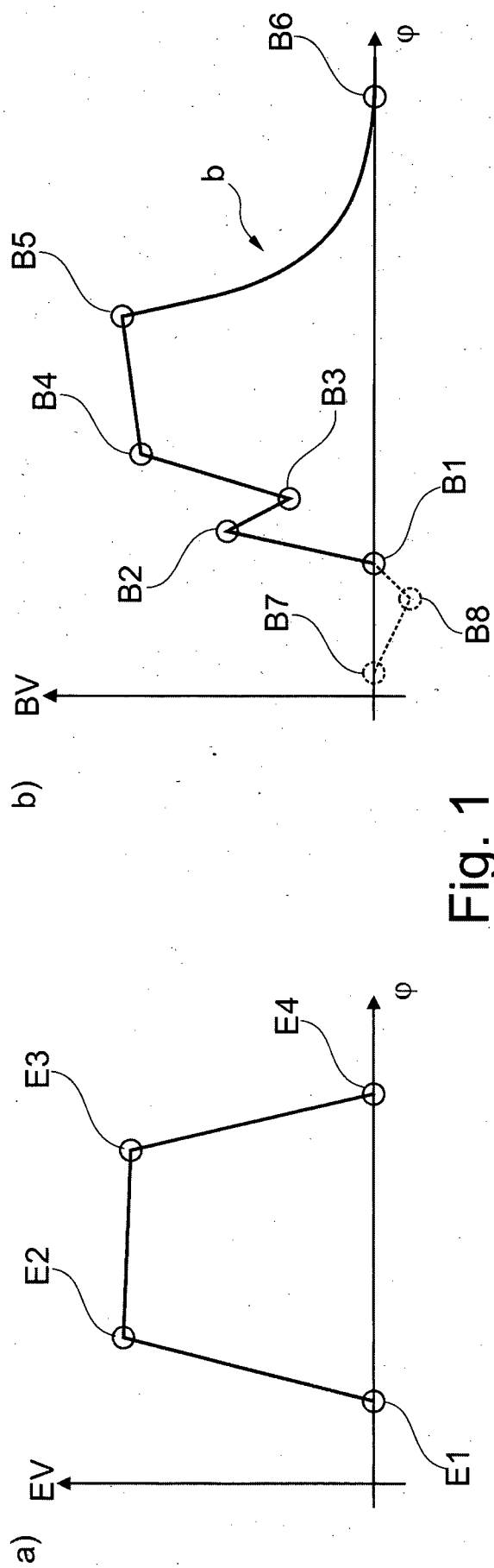
vorherbestimmten Funktion gewichteter und/oder abgerundeter Polygonzug mit einer die letzten beiden Stützpunkte (B5,B6) verbindenden Hyperbel (b) angenommen wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine erste motorische Kenngröße ausgewählt wird aus einer Gruppe bestehend aus einer Drehzahl, einem Einspritzbeginn, einer Einspritzdauer, einer eingespritzten Kraftstoffmenge, einer Kraftstoff-Temperatur, einer Kraftstoffdichte, einem Einspritzdruck, einem Zylinderinnendruck zum Zeitpunkt des Einspritzbeginns, und einem Verdichtungsverhältnis.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine zweite motorische Kenngröße ausgewählt wird aus einer Gruppe bestehend aus einer Zündverzugszeit, einem Öffnungszeitpunkt eines Auslassventils eines Zylinders, einer Drehzahl, einer Ladungsbewegung in dem Zylinder, insbesondere einem Drall, einer Abgasrückführrate, einer Kolbenform, und einem Einspritzparameter.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem Ersatzbrennverlauf (BV) mindestens eine weitere motorische Kenngröße berechnet wird, die vorzugsweise ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus einem Summenbrennverlauf, einem Zylinderdruck in Abhängigkeit eines Kurbelwinkels, einem indizierten Mitteldruck, einem Emissionswert, einem Wirkungsgrad und einer Leistung des Verbrennungsmotors.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der für einen Verbrennungsmotor ermittelte Ersatzbrennverlauf (BV) und/oder die mindestens eine weitere motorische Kenngröße herangezogen wird/werden, um den Betriebszustand des Verbrennungsmotors zu beeinflussen.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Änderung des Ersatzbrennverlaufs und/oder der weiteren motorischen Kenngröße bei Änderung einer ausgewählten motorischen Kenngröße berechnet wird, wobei die auf diese Weise vorhergesagte Änderung bewertet wird, und wobei

die ausgewählte motorische Kenngröße auf der Grundlage der Bewertung verändert oder konstant gehalten wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vielzahl von Änderungen der ausgewählten motorischen Kenngröße in Hinblick auf resultierende Änderungen des Ersatzbrennverlaufs (BV) und/oder der weiteren motorischen Kenngröße bewertet werden, wobei die ausgewählte motorische Kenngröße auf der Grundlage dieser Bewertungen verändert oder konstant gehalten wird, und/oder dass das Verfahren iterativ durchgeführt wird, wobei das Verfahren vorzugsweise zur Regelung einer motorischen Kenngröße im Betrieb des Verbrennungsmotors herangezogen wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ersatz-Einspritzverlauf EV) und/oder der Ersatzbrennverlauf (BV) für mindestens einen Betriebspunkt im Kennfeld eines Verbrennungsmotors ermittelt wird/werden, wobei der Ersatzbrennverlauf (BV) anhand des Ersatz-Einspritzverlaufs (EV) für weitere Betriebspunkte des Kennfeld umgerechnet wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren in einem Motorsteuergerät durchgeführt wird.
12. Datenverarbeitungssystem, insbesondere Motorsteuergerät, ausgebildet zur Berechnung motorischer Kenngrößen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Datenverarbeitungssystem, insbesondere das Motorsteuergerät, zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 eingerichtet ist.
13. Computerprogrammprodukt, mit Programmcode-Mitteln, die auf einem Computerlesbaren Datenträger, insbesondere einem Mikrochip eines Motorsteuergeräts, gespeichert sind, um ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer, insbesondere einem Computer eines Motorsteuergeräts, ausgeführt wird.

1/1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/002685

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/24 F02D41/14
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)

EP0-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 10 2007 034340 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 29 January 2009 (2009-01-29) cited in the application the whole document -----	1-13
X	DE 10 2005 025737 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 11 January 2007 (2007-01-11) paragraphs [0029] - [0041] figures 2-6 -----	1-13
A	EP 1 712 763 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 18 October 2006 (2006-10-18) the whole document -----	1-13
A	DE 10 2007 053719 B3 (AUDI NSU AUTO UNION AG [DE]) 4 June 2009 (2009-06-04) the whole document -----	1-13



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

9 December 2013

Date of mailing of the international search report

20/12/2013

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/EP2013/002685

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102007034340 A1	29-01-2009	NONE	
DE 102005025737 A1	11-01-2007	NONE	
EP 1712763 A1	18-10-2006	DE 102005017348 A1 EP 1712763 A1	19-10-2006 18-10-2006
DE 102007053719 B3	04-06-2009	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/002685

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D41/24 F02D41/14
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F02D

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

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

EP0-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 10 2007 034340 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 29. Januar 2009 (2009-01-29) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-13
X	DE 10 2005 025737 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 11. Januar 2007 (2007-01-11) Absätze [0029] - [0041] Abbildungen 2-6 -----	1-13
A	EP 1 712 763 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 18. Oktober 2006 (2006-10-18) das ganze Dokument -----	1-13
A	DE 10 2007 053719 B3 (AUDI NSU AUTO UNION AG [DE]) 4. Juni 2009 (2009-06-04) das ganze Dokument -----	1-13

☐

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

9. Dezember 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/12/2013

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/EP2013/002685

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102007034340 A1	29-01-2009	KEINE	
DE 102005025737 A1	11-01-2007	KEINE	
EP 1712763 A1	18-10-2006	DE 102005017348 A1 EP 1712763 A1	19-10-2006 18-10-2006
DE 102007053719 B3	04-06-2009	KEINE	