

(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
30. Mai 2014 (30.05.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/079667 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 35/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/072676

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Oktober 2013 (30.10.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 221 311.2
22. November 2012 (22.11.2012) DE

(71) Anmelder: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: **SCHÜLE, Harry**; Am Wanderweg 19, 92431
Neunburg V. Wald (DE). **KNORR, Björn**; Im Hasengrund
78, 65428 Rüsselsheim (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, DE, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, 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 MEASURING FRESH AIR BY EVALUATING AN INTERNAL CYLINDER PRESSURE SIGNAL

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUR FRISCHLUFTERFASSUNG DURCH AUSWERTUNG EINES
ZYLINDERINNENDRUCKSIGNALS

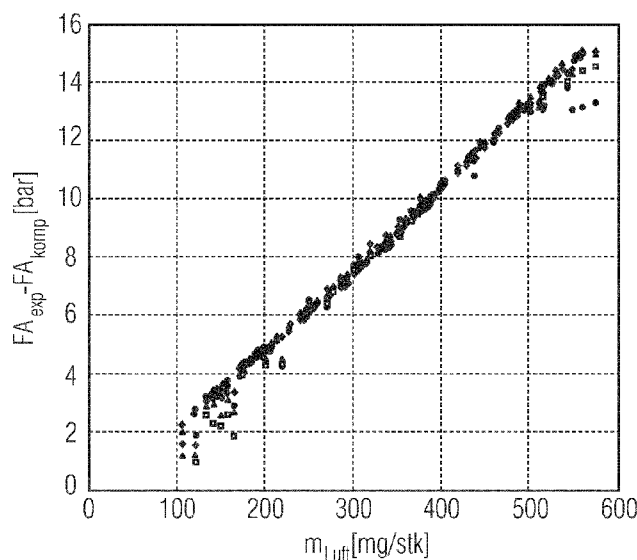


FIG 4

(57) **Abstract:** The invention relates to a method
for determining an air mass m_{air} in a cylinder of an
internal combustion engine. A first filling
equivalent FA_{comp} is determined during a
compression phase of the cylinder, wherein the
first filling equivalent corresponds to a first
average pressure difference in a first angle range
of a crank angle in the compression phase. A second
filling equivalent FA_{exp} is determined during an
expansion phase of the cylinder, wherein the
second filling equivalent corresponds to a second
average pressure difference in a second angle range
of the crank angle of the expansion phase. A
differential filling equivalent FA_{diff} is calculated by
subtracting the first filling equivalent from the
second filling equivalent. The air mass in the
cylinder is determined on the basis of the
differential filling equivalent. The invention further
relates to a corresponding control device and to a
corresponding computer program for performing
said method.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer Luftmasse m_{Luft} in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine. Ein erstes Füllungsäquivalent FA_{komp} wird während einer Kompressionsphase des Zylinders bestimmt, wobei das erste Füllungsäquivalent einer ersten mittleren Druckdifferenz in einem ersten Winkelbereich eines Kurbelwinkels in der Kompressionsphase entspricht. Ein zweites Füllungsäquivalent FA_{exp} wird während einer Expansionsphase des Zylinders bestimmt, wobei das zweite Füllungsäquivalent einer zweiten mittleren Druckdifferenz in einem zweiten Winkelbereich des Kurbelwinkels der Expansionsphase entspricht. Ein Differenz-Füllungsäquivalent FA_{diff} wird mittels Subtraktion des ersten Füllungsäquivalents von dem zweiten Füllungsäquivalent gebildet. Die Luftmasse in dem Zylinder wird basierend auf dem Differenz-Füllungsäquivalent bestimmt. Ferner betrifft die Erfindung eine entsprechende Steuereinrichtung sowie ein entsprechendes Computerprogramm zur Ausführung des Verfahrens

Beschreibung

Verfahren zur Frischluftefassung durch Auswertung eines Zylinderinnendrucksignals

5

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer Luftmasse in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine sowie eine Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine.

15

Hintergrund der Erfindung

Es ist ein Anliegen, Verbrennungsmotoren, welche mit fossilen Kraftstoffen betrieben werden, dahingehend zu verbessern, dass die Emissionsgrenzwerte und der Kraftstoffverbrauch reduziert werden. Dies führt dazu, dass der mechanische Aufbau eines Verbrennungsmotors immer komplexer wird. Insbesondere kann über die Art und Weise, wie die Luftmasse in einen Zylinder zugeführt wird, der Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors verbessert werden. Abhängig von der Bauart des Motors können beispielsweise aufwendige Nockenwellenverstellungssysteme zur Hub- und Phasenverstellung von Einlass- und Auslassventilen gesteuert werden, so dass Füllungsverluste der Zylinder reduziert werden. Beispielsweise können auch Ein- und Auslassventile verschiedener Zylinder unterschiedlich angesteuert werden.

Im Bereich der Motorsteuerung wird die Füllung der Zylinder mit Frischluft üblicherweise durch Modellierung einer Ansaugstrecke, d.h. über ein sogenanntes Behältermodell, bestimmt. Die Berechnung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge erfolgt für alle Zylinder gleich mit einem modellbasierten Wert. Unterschiede zwischen den einzelnen Zylindern können dabei nur

35

aufwendig berücksichtigt werden. Insbesondere bei schnellen Lastwechseln, bei denen sich die Füllung von dem einen auf das andere Arbeitsspiel stark ändert oder bei dem aktiven Verstellen der Nockenwellenphase oder dem Ventilhub, erfordert die Korrektur sehr aufwändige Funktionen und Kalibrierung der Kennfelder. Aufgrund des mechanischen Designs der Ansaugstrecke und einer Vielzahl von Variabilitäten im Ventiltrieb, insbesondere bei den kontinuierlich und teilweise zylinderindividuellen Ventilhubverstellungssystemen, kann es zu zylinderindividuellen Unterschieden beim Ansaugen von Frischluft kommen. Beispielsweise kann dies aufgrund einer Pulsation im Saugrohr verursacht werden. Hierbei sind vor allem mechanische Bauteiltoleranzen in der Serienfertigung einflussgebend, die zu Frischluftzufuhrfehlern der einzelnen Zylinder führen können und auch bei bester Applikation nicht auszuschließen sind.

Die große Variabilität der einzelnen Ventile führt auch dazu, dass die angesaugte Luftmasse in den Zylindern oder die vom Turbolader eingeblasene Luftmasse in den Zylindern bei dynamischen Laständerungen immer schwieriger mit dem oben angesprochenen Modell bestimmbar ist.

Beispielsweise können auch Berechnungsmodelle eingesetzt werden, welche auf Messdaten von Saugrohrdrucksensoren, Luftmassenmessern, Temperatursensoren oder Lambda-Sondenmesswerten basieren. Beispielsweise kann die Füllung in einem Zylinder, nach Jippa bestehend aus Frischluft, Restgas und Kraftstoff, über ein Füllungsäquivalent bestimmt werden, wobei das Füllungsäquivalent basierend auf einem Zylinderdruck während einer Kompressionsphase des Zylinders bestimmt wird. Aus dem Füllungsäquivalent kann auf die im Zylinder befindliche Gesamtgasmasse geschlossen werden indem neben dem Zylinderdruckverlauf weitere verschiedene charakteristische Parameter eingesetzt werden, wie zum Beispiel die Motordrehzahl, das Luftverhältnis, die Kühlmitteltemperatur, die Umgebungstemperatur und der Umgebungsdruck (Jippa, Kai-Nicolas: "Onlinefähige, thermodynamische Ansätze für die Auswertung von Zylinder-

derdruckverläufen", Dissertation, Universität Stuttgart, 2002).

Bei dieser Frischlufterfassung in einem Zylinder über die Füllungserfassung und dem Füllungsäquivalent werden unter anderem aufgrund der Vielzahl der benötigten Parameter komplexe Modelle notwendig, die eine äußerst komplexe Motorsteuerung nach sich ziehen. Darüber hinaus ist eine Vielzahl zusätzlicher Sensoren notwendig.

Darstellung der Erfindung

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein einfaches Verfahren zur Bestimmung einer Luftmasse in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine zu bestimmen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Bestimmen einer Luftmasse in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine und eine Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst.

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Bestimmen einer Luftmasse in einem Zylinder (d.h. einem Brennraum des Zylinders) einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug, beschrieben. Gemäß dem Verfahren wird ein erstes Füllungsäquivalent während einer Kompressionsphase des Zylinders bestimmt. Das erste Füllungsäquivalent entspricht einer ersten mittleren Druckdifferenz in einem ersten Winkelbereich eines Kurbelwinkels in der Kompressionsphase.

Ferner wird ein zweites Füllungsäquivalent während einer Expansionsphase des Zylinders bestimmt. Das zweite Füllungsäquivalent entspricht einer zweiten mittleren Druckdifferenz

in einem zweiten Winkelbereich des Kurbelwinkels der Brennkraftmaschine in der Expansionsphase.

5 Mittels Subtraktion des ersten Füllungsäquivalents von dem zweiten Füllungsäquivalent wird ein Differenz-Füllungsäquivalent gebildet. Die Luftmasse in dem Zylinder wird basierend auf dem Differenz-Füllungsäquivalent bestimmt. Das Differenz-Füllungsäquivalent ist indikativ für die Luftmasse in dem Zylinder, so dass die Luftmasse in dem Zylinder basierend auf dem Differenz-Füllungsäquivalent bestimmbar ist.

15 Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine beschrieben, wobei zunächst das oben beschriebene Verfahren zum Bestimmen einer Luftmasse in einem Zylinder durchgeführt wird. Basierend auf der bestimmten Luftmasse in dem Zylinder der Brennkraftmaschine wird eine Kraftstoff-/Luft-Mischung in der Brennkraftmaschine, z.B. in einem Ansaugtrakt bei saugrohrreinspritzenden Brennkraftmaschinen oder direkt im Zylinder bei direkteinspritzenden Brennkraftmaschinen, eingestellt.

25 In dem Zylinder der Brennkraftmaschine ist ein Kolben angeordnet, welcher mit der Kurbelwelle gekoppelt ist. Entsprechend der Position der Kurbelwelle entlang deren Umfangsrichtung wird die Position des Zylinderkolbens in dem Zylinder vorgegeben. Eine Umdrehung der Kurbelwelle beschreibt ein Kurbelwinkelintervall von 360° Kurbelwinkel. Die Position der Kurbelwelle entlang ihrer Umfangsrichtung wird über den Kurbelwinkel angegeben. In einer beispielhaften Skalierung befindet sich in einer 0° -Position der Zylinder beispielsweise an einem oberen Totpunkt. Der obere Totpunkt wird auch als Zünd-oberer Totpunkt (Zünd-OT) bezeichnet.

35

Der Zünd-OT ist eine Position, an der der Kolben am höchsten steht und das Zylindervolumen minimal ist. Der Zünd-OT ist derjenige obere Totpunkt, der den Kompressions- vom Expansi-

onstakt trennt. Die Bezeichnung Zünd-OT trägt er, weil die Zündung in seiner Nähe erfolgt.

5 Weist der Kurbelwinkel beispielsweise $\pm 180^\circ$ auf, so befindet sich der Kolben an einem unteren Totpunkt.

Mit anderen Worten unterscheidet man zwischen dem oberem Totpunkt (OT) (die Kolbenoberseite befindet sich nah am Zylinderkopf) und dem unteren Totpunkt (UT) (die Kolbenoberseite ist entfernt vom Zylinderkopf). Der obere Totpunkt dient als
10 Beispiel als Referenz für die Kurbelwellenlage. Eine Kurbelwellenlage von 0° kann als Zünd-OT definiert werden.

Die Kompressionsphase befindet sich beispielsweise in einem
15 Winkelbereich des Kurbelwinkels zwischen -180° und 0° . In dem Winkelbereich zwischen -180° und 0° des Kurbelwinkels dreht sich die Kurbelwelle derart, dass der Kolben von dem unteren Totpunkt bis zu dem oberen Totpunkt bewegt wird. Dadurch reduziert sich das Volumen in dem Zylinder und eine Verdichtungsarbeit wird verrichtet.
20

In einem Winkelbereich von 0° bis 180° des Kurbelwinkels wird die Expansionsphase definiert. In der Expansionsphase dreht sich die Kurbelwelle derart, dass sich der Kolben von dem
25 oberen Zünd-OT zu dem unteren Totpunkt bewegt.

Zu Beginn der Kompressionsphase können die Einlassventile des Zylinders in Abhängigkeit des Nockenwellenverstellsystems noch geöffnet sein, so dass Frischluft, Kraftstoff und/oder
30 ein Kraftstoff/Luftgemisch zugeführt wird. Nach einem bestimmten Verlauf des Kurbelwinkels werden die Einlassventile geschlossen und das Gas in dem Zylinder verdichtet, so dass Verdichtungsarbeit verrichtet wird. In der Regel wird noch in der Kompressionsphase vor dem Zünd-OT das Kraftstoff-
35 Luftgemisch gezündet.

In der Expansionsphase drückt das Gasgemisch in dem Zylinder den Kolben in Richtung unteren Totpunkt. Nach einem gewissen

Verlauf des Kurbelwinkels in der Expansionsphase werden die Auslassventile geöffnet, so dass das verbrannte Gas aus dem Zylinder entweichen kann. Üblicherweise wird das Auslassventil geöffnet, nachdem das gesamte Gasgemisch verbrannt wurde.

5 In manchen Betriebszuständen, beispielsweise nach einem Kaltstart des Motors, wird das Kraftstoff/Luftgemisch derart spät gezündet, dass beim Öffnen der Auslassventile erst 90% des Gasgemisches im Zylinder verbrannt sind und 10% erst in nachfolgenden Bereichen, beispielsweise im Abgasbereich oder am
10 Katalysator eines Kraftfahrzeugs, verbrannt werden, um dort Verbrennungstemperatur zu generieren.

Unter Luft kann Frischluft bzw. Umgebungsluft verstanden werden. In dem Gasvolumen des Brennraums des Zylinders befinden
15 sich in der Expansionsphase ein Gasgemisch aufweisend eine bestimmte Luftmasse, eine bestimmte Kraftstoffmenge und eine bestimmte Restgasmenge. Die Luftmasse besteht aus Umgebungsluft, wie beispielsweise aus 21% Sauerstoff und 79% Stickstoff. Die Kraftstoffmenge besteht aus dem zugeführten Kraftstoff in dem Zylinder. Die Restgasmenge besteht aus inerten
20 Gasanteilen, wie beispielsweise Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickoxide, etc., welche sich aufgrund eines vorangegangenen Verbrennungsprozesses noch in dem Zylindervolumen aufhalten. Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, die Luftmasse in einem Zylinder der Brennkraftmaschine zu bestimmen.
25

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ein Zylinderdruck von einer freigesetzten Verbrennungswärme abhängt. In einer Brennkraftmaschine, insbesondere in
30 einem Ottomotor, ist die freigesetzte Verbrennungswärme über das Verbrennungsluftverhältnis wiederum abhängig von der im Gasgemisch des Zylinders befindlichen Luftmasse. Somit ist ein direkter Bezug zwischen dem Zylinderdruck und einer Luftmasse im Zylinder gegeben.

35

Mit anderen Worten kann über eine entsprechende Auswertung des Druckverlaufs der Kompressionsphase und einer Auswertung des Druckverlaufs in der Expansionsphase auf die freigesetzte

Verbrennungswärme und somit wiederum auf die sich im Zylinder befindliche Luftmasse bestimmt werden. Die Luftmasse, welche mit dem vorliegenden Verfahren bestimmt wird, ist diejenige Frischluftmasse, welche sich nach dem Schließen des Einlass-
5 ventils in dem Zylinder befindet.

Durch Vergleich der Druckverläufe in der Kompressionsphase und der Expansionsphase kann auf die freigesetzte Verbrennungswärme geschlossen werden. Um die freigesetzte Verbrennungswärme zu erhalten, wird ein erstes Füllungsäquivalent während einer Kompressionsphase mit einem zweiten Füllungsäquivalent während einer Expansionsphase des Zylinders verglichen. Daher werden zunächst das erste Füllungsäquivalent während der Kompressionsphase und das zweite füllungsäquiva-
10 lent während der Expansionsphase bestimmt.

Das erste Füllungsäquivalent während der Kompressionsphase gibt eine mittlere Druckdifferenz in einem ersten Winkelbereich eines Kurbelwinkels in der Kompressionsphase an. Der erste Winkelbereich ist ein Bereich innerhalb eines Bereichs des Kurbelwinkels zwischen -180° und 0° . Das erste Füllungsäquivalent kann über folgende Formel bestimmt werden:

$$\Delta \bar{p}_{komp} = \frac{1}{n} \sum_{i=i,ref-n}^{i,ref-1} (p_{i,ref} - p_i) = F A_{komp}$$

25

Zunächst wird ein erster Winkelbereich des Kurbelwinkels in der Kompressionsphase bestimmt. Der erste Winkelbereich sollte beginnen, wenn das Einlassventil bereits geschlossen ist und Verdichtungsarbeit von dem Zylinder verrichtet wird. Das
30 Ende des ersten Winkelbereichs sollte ferner einen gewissen Abstand zu dem Zündzeitpunkt aufweisen, damit die Verbrennung noch nicht eingeleitet und Wärme freigegeben wurde.

Der Referenzdruck $p_{i,ref}$ wird üblicherweise zu Beginn oder am
35 Ende des ersten Winkelbereichs definiert und mittels eines Drucksensors gemessen (siehe Fig. 1).

In dem ersten Winkelbereich wird eine gewisse Anzahl n von Druckmessungen p_i bei bestimmten Kurbelwinkeln innerhalb des ersten Winkelbereichs vorgenommen. Die Druckmessungen entsprechen relativen Druckmessungen zu einem bestimmten Kurbelwinkel innerhalb des ersten Winkelbereichs. Die Druckmessungen werden jeweils von dem Referenzdruck abgezogen und die Differenzwerte aufsummiert. Anschließend wird der aufsummierte Gesamtdifferenzdruck durch die Anzahl der Messungen geteilt, um somit die erste mittlere Druckdifferenz $\Delta\bar{p}_{komp}$ in dem ersten Winkelbereich zu erhalten. Die erste mittlere Druckdifferenz in dem ersten Winkelbereich entspricht dem ersten Füllungsäquivalent FA_{komp} . Die Werte des ersten Füllungsäquivalents in der Kompressionsphase sind nahezu direkt proportional zu einer Verdichtungsarbeit, welche wiederum bei konstanter Drehzahl und Ansauglufttemperatur direkt proportional zu einer Gesamtgasmasse in dem Zylinder ist.

Anschließend wird das zweite Füllungsäquivalent während eines zweiten Winkelbereichs des Kurbelwinkels in einer Expansionsphase des Zylinders bestimmt. Das zweite Füllungsäquivalent entspricht einer zweiten mittleren Druckdifferenz in einem zweiten Winkelbereich des Kurbelwinkels der Expansionsphase. Das zweite Füllungsäquivalent kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$\Delta\bar{p}_{exp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1+i,ref}^{n+i,ref} (p_{i,ref} - p_i) = FA_{exp}$$

Der zweite Winkelbereich sollte mit einem gewissen Abstand (Kurbelwinkelabstand) nach dem Zünd-OT gewählt werden und sollte beginnen, wenn die Verbrennung bereits vollständig beendet bzw. weit fortgeschritten ist und somit die maximale Verbrennungswärme freigesetzt worden ist. Ferner sollte am Ende des zweiten Winkelbereichs das Auslassventil noch geschlossen sein.

Der Referenzdruck $p_{i,ref}$ wird üblicherweise zu Beginn oder am Ende des zweiten Winkelbereichs definiert und mittels eines Drucksensors gemessen.

In dem zweiten Winkelbereich wird eine gewisse Anzahl n von Druckmessungen p_i bei bestimmten Kurbelwinkeln innerhalb des zweiten Winkelbereichs vorgenommen. Die Druckmessungen entsprechen relativen Druckmessungen zu einem bestimmten Kurbelwinkel innerhalb des zweiten Winkelbereichs. Die Druckmessungen werden jeweils von dem Referenzdruck abgezogen und die Differenzwerte aufsummiert. Anschließend wird der aufsummierte Gesamtdifferenzdruck durch die Anzahl der Messungen geteilt, um somit die zweite mittlere Druckdifferenz $\Delta\bar{p}_{\text{exp}}$ in dem zweiten Winkelbereich zu erhalten. Die zweite mittlere Druckdifferenz in dem zweiten Winkelbereich entspricht dem zweiten Füllungsäquivalent FA_{exp} .

Der Zylinderdruck in dem zweiten Winkelbereich ist abhängig von der Gesamtgasmasse und der freigesetzten Verbrennungswärme in dem Zylinder. Wie eingangs erwähnt, ist die freigesetzte Verbrennungswärme wiederum abhängig von der sich im Zylinder befindlichen Luftmasse, welche für die Verbrennung zur Verfügung stand. Um auf die Luftmasse im Zylinder zu schließen, wird das erste Füllungsäquivalent der Kompressionsphase von dem zweiten Füllungsäquivalent der Expansionsphase abgezogen und ein Differenz-Füllungsäquivalent gebildet:

$$FA_{\text{diff}} = FA_{\text{exp}} - FA_{\text{komp}}$$

Das Differenz-Füllungsäquivalent beschreibt somit die Luftmasse, welche in der Expansionsphase verbrannt wurde. Dadurch wird beispielsweise auch der Einfluss der Restgasmasse, welche nicht zur Verbrennung beiträgt, reduziert, da das Restgas sowohl komprimiert als auch expandiert wird durch die Differenzbildung somit herausgerechnet wird.

Jedes Differenz-Füllungsäquivalent steht somit für einen bestimmten Luftmassenanteil bzw. für eine bestimmte Luftmasse in dem Zylinder. Das Differenz-Füllungsäquivalent ist somit indikativ zu einer freigesetzten Verbrennungswärme, welche wiederum indikativ für die Luftmasse im Zylinder ist. Die Zuordnung der Luftmasse zu einem bestimmten Differenz-

Füllungsäquivalent ist für jede Baureihe einer Brennkraftmaschine individuell und kann beispielsweise einmalig empirisch über Laborversuche der Brennkraftmaschine ermittelt werden.

Der Datensatz der Luftmasse bezogen auf das Differenz-

- 5 Füllungsäquivalent kann beispielsweise der Motorsteuerung der Brennkraftmaschine zur Verfügung gestellt werden, um damit eine verbesserte Motorsteuerung bzw. Luftmassenbestimmung und damit eine Kraftstoffbestimmung zu erzielen.
- 10 Es kann vorgesehen sein, dass die Luftmasse in dem Zylinder basierend auf dem Differenz-Füllungsäquivalent bestimmt wird durch einen vorgegebenen Zusammenhang zwischen diesen Größen. Dieser Zusammenhang kann beispielsweise empirisch oder mittels eines Modells ermittelt und insbesondere definiert werden.
- 15 Der Zusammenhang kann spezifisch für den Motortyp oder von Motorspezifikationen sein. Der Zusammenhang kann für eine gewünschte Fahrweise oder für ein Motorverhalten spezifisch sein, etwa für eine sparsame Fahrweise oder für eine sportliche Fahrweise oder allgemein für Fahrweisen, die unterschiedliche Leistungskennlinien oder unterschiedliche Fahr- oder Reaktionsverhalten des Verbrennungsmotors aufweisen. Der Zusammenhang kann gegeben sein durch eine Kennlinie oder durch ein Kennlinienfeld oder durch eine Funktion oder durch Parameter einer Funktion, die den Zusammenhang für mehrere unterschiedliche Differenz-Füllungsäquivalent bzw. Luftmassen wiedergeben.
- 20 Die Funktion oder die Kennlinie bildet vorzugsweise ein monoton oder streng monotonen und vorzugsweise zumindest abschnittsweise stetiges Verhalten ab, welches den Zusammenhang zwischen Differenz-Füllungsäquivalent und Luftmassen wiedergibt.
- 25 Der Zusammenhang kann wiedergegeben werden durch eine Vielzahl von Luftmassenwerten oder Werteintervallen hiervon, die jeweils zumindest einem Differenz-Füllungsäquivalentwert oder zumindest einem Werteintervall hiervon zugeordnet sein. Der Zusammenhang kann gemäß einer
- 30 hier dargelegten Zuordnung vorgesehen sein. Der Zusammenhang kann als Look-up-Tabelle vorgesehen sein, die insbesondere in einem Speicher der hier beschriebenen Steuereinrichtung abgelegt ist.
- 35

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform weist der erste Winkelbereich einen ersten Winkelabstand zu einem Zünd-Totpunkt (Zünd-OT) des Kurbelwinkels auf. Der zweite Winkelbereich weist einen zweiten Winkelabstand zu dem Zünd-

5 Totpunkt des Kurbelwinkels auf. Der erste Winkelabstand ist dabei gleich groß wie der zweite Winkelabstand.

Mit dieser beispielhaften Ausführungsform weist ein dem Zünd-OT nahes Ende des ersten Winkelbereichs denselben Winkelab-
10 stand zu dem Zünd-OT auf wie ein dem Zünd-OT naher Anfang des zweiten Winkelbereichs. Beispielsweise endet der erste Winkelbereich bei -40° Kurbelwinkel und der zweite Winkelbereich beginnt bei $+40^\circ$ Kurbelwinkel.

15 In einer weiteren beispielhaften Ausführungsform ist der erste Winkelbereich gleich groß wie der zweite Winkelbereich. Beispielsweise liegt der erste Winkelbereich zwischen einem Kurbelwinkel von ungefähr -120° und einem Kurbelwinkel von ungefähr -20° , insbesondere zwischen einem Kurbelwinkel von
20 ungefähr -100° bis zu einem Kurbelwinkel von ungefähr -40° . Entsprechend kann der zweite Bereich zwischen einem Kurbelwinkel von ungefähr 20° bis zu einem Kurbelwinkel von ungefähr 120° , insbesondere zwischen einem Kurbelwinkel von ungefähr 40° und einem Kurbelwinkel von ungefähr 100° liegen.

25

Mit anderen Worten kann der erste Winkelbereich den gleichen Kurbelwinkelabstand zum Zünd-OT aufweisen und dieselbe Breite bzw. dieselbe Größe aufweisen wie der zweite Winkelbereich. Ist der erste Winkelbereich im selben Abstand zu dem Zünd-OT
30 wie der zweite Winkelbereich in der Expansionsphase und weist der erste Winkelbereich dieselbe Größe auf wie der zweite Winkelbereich, sind die Druckänderungen bzw. deren Druckverläufe über den Kurbelwinkel in der Kompressionsphase wie in der Expansionsphase nahezu symmetrisch, sodass bessere Ver-
35 gleichswerte zur Bildung des Differenz-Füllungsäquivalent herangezogen werden können.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform liegt der erste Winkelbereich in einem Kurbelwinkelbereich, in welchem ein Einlassventil des Zylinders geschlossen ist. Somit wird die Druckänderung im Verlauf des Kurbelwinkelbereichs im ersten Winkelbereich nicht durch mögliche Abweichungen durch ein geöffnetes Einlassventil verfälscht.

Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform wird zu Beginn des zweiten Winkelbereichs der Expansionsphase ein prozentualer Verbrennungsanteil im Vergleich zu einer vollständigen Verbrennung eines Kraftstoffs mit der Luftmasse im Zylinder bestimmt. Ferner wird ein Korrekturfaktor bestimmt, welcher indikativ für den prozentualen Verbrennungsanteil ist.

Das Bestimmen des zweiten Füllungsäquivalents weist ferner ein Bestimmen eines unkorrigierten zweiten Füllungsäquivalents auf. Das unkorrigierte zweite Füllungsäquivalent entspricht beispielsweise der zweiten mittleren Druckdifferenz in dem zweiten Winkelbereich des Kurbelwinkels, wobei das unkorrigierte zweite Füllungsäquivalent mittels oben genannter Formel für das zweite Füllungsäquivalent berechnet wird. Die für die Berechnung verwendeten Druckmesswerte sind jedoch in einem Zustand gemessen worden, in welcher die Verbrennung noch nicht vollständig abgelaufen ist. Das unkorrigierte zweite Füllungsäquivalent stellt somit die zweite mittlere Druckdifferenz in dem zweiten Winkelbereich dar, obwohl die Verbrennung des Kraftstoffs und die Wärmegenerierung im Zylinder während der Expansionsphase noch nicht vollständig abgeschlossen sind.

Um dieses unkorrigierte zweite Füllungsäquivalent zu korrigieren, wird anschließend ein zweites Referenz-Füllungsäquivalent, welches dem zweiten Füllungsäquivalent entspricht, basierend auf folgender Formel bestimmt:

$$FA_{\text{exp,Ref}} = \frac{FA_{\text{unkor,exp}}}{1-f}$$

wobei:

$FA_{\text{exp,Ref}}$ = zweites Referenz-Füllungsäquivalent,

$FA_{\text{unkor,exp}}$ = unkorrigiertes zweites Füllungsäquivalent,

und

5 f = Korrekturfaktor.

Der Grad der Verbrennung eines Kraftstoffs im Zylinder während der Expansionsphase wird beispielsweise mit einem sogenannten Summenheizverlauf beschrieben. Der Summenheizverlauf
10 gibt eine Wärmemenge an, welche bei einer vollständigen Verbrennung des Kraftstoffs mit der Luftmasse in einer Expansionsphase entsteht, d.h. wenn die Verbrennung zu 100% im Zylinder stattgefunden hat. Da die Wärmemenge maßgeblich davon abhängt, wie viel Luft mit dem Kraftstoff reagiert, ist wie
15 eingangs erläutert die Wärmemenge bzw. die Wärmefreisetzung in der Expansionsphase indikativ für die Luftmasse im Zylinder. Wiederum ist das zweite Füllungsäquivalent, welches auf verschiedenen Druckwerten in dem zweiten Winkelbereich des Kurbelwinkels der Expansionsphase basiert, abhängig von der
20 Wärmemenge, die bei einer Verbrennung im Zylinder in der Expansionsphase entsteht. Ist zu Beginn oder während des zweiten Winkelbereichs die Verbrennung des Kraftstoffs noch nicht vollständig abgeschlossen, so entsteht eine geringere Wärmemenge und entsprechend unterschiedliche Drücke als bei einer
25 vollständigen Verbrennung des Kraftstoffs, so dass die Luftmasse nicht hundertprozentig korrekt bestimmbar ist.

In dem Falle, dass zu Beginn des zweiten Winkelbereichs die Verbrennung noch nicht vollständig abgeschlossen ist, wird
30 der oben beschriebene Korrekturfaktor f herangezogen. Über den Heizverlauf in Abhängigkeit des Kurbelwinkels in der Expansionsphase des Zylinders kann zunächst bestimmt werden, zu wie viel Prozent der vollständigen Verbrennung zu Beginn des zweiten Winkelbereichs stattgefunden hat. Dies entspricht dem
35 prozentualen Verbrennungsanteil.

Beispielsweise kann die vollständige Verbrennung, d.h. der Summenheizverlauf, auf 1 bzw. 100% normiert werden, wobei bei

einem bestimmten Betriebszustand der Verbrennungsmaschine zu Beginn des zweiten Winkelbereichs der prozentuale Verbrennungsanteil erst 0,9 bzw. 90% der vollständigen Verbrennung (entspricht 90% der Wärmemenge) entspricht.

5

Der Summenheizverlauf Q_H einer Verbrennung in dem Zylinder kann beispielsweise nach einer Berechnung von Rassweiler/Withrow mittels folgender Formel berechnet werden:

10
$$Q_H = \int \Delta Q_H d\Phi$$

Der Heizverlauf ΔQ_H in Abhängigkeit des Kurbelwinkels entspricht einer Ableitung des Summenheizverlaufs und kann mit folgender Formel berechnet werden:

15

$$\Delta Q_H = \frac{1}{\kappa - 1} \cdot V_{\Phi(i)} \cdot \left(p_{\Phi(i)} - p_{\Phi(i-1)} \cdot \left(\frac{V_{\Phi(i-1)}}{V_{\Phi(i)}} \right)^n \right)$$

für den Heizverlauf in Abhängigkeit des Kurbelwinkels

wobei:

- 20 n= Polytropenexponent (z.B. 1,32),
 κ= Isentropenexponent,
 Φ(i) = Kurbelwinkelposition

Zu jedem Wert eines unvollständigen prozentualen Verbrennungsanteils wird ein bestimmter Korrekturfaktor f zugeordnet. Beispielsweise ist der Korrekturfaktor $f = 0,15$ bei einem 90%igen Verbrennungsanteil (siehe unten Fig. 5). Die jeweilige Zuordnung der Werte des Korrekturfaktors f (Y-Achse in Fig. 5) zu einzelnen Verbrennungsanteilen einer Verbrennung in dem Zylinder (X-Achse in Fig. 5) kann für jede Brennkraftmaschinen und entsprechenden Betriebszustand empirisch ermittelt werden.

Nun wird das unkorrigierte zweite Füllungsäquivalent, welches auf entsprechenden Druckmessungen basiert, die bei einer unvollständigen Verbrennung vorlagen, mittels des Korrekturfak-

35

tors korrigiert. Entsprechend der oben genannter Formel für das zweite Referenz-Füllungsäquivalent wird eine Korrektur des unkorrigierten zweiten Füllungsäquivalents durchgeführt.

5 Mittels des zweiten Referenz-Füllungsäquivalents kann daraus ein korrigiertes Differenz-Füllungsäquivalent gebildet werden, welches den Druckwerten bei einer vollständigen Verbrennung entspricht und somit einer tatsächlichen Luftmasse in dem Zylinder entspricht. Somit kann eine korrekte Aussage
10 über die Luftmasse in dem Zylinder getroffen werden, selbst wenn eine Verbrennung des Kraftstoffs in dem zweiten Winkelbereich noch nicht vollständig beendet ist.

Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung wird
15 eine Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs beschrieben, wobei die Steuereinrichtung derart eingerichtet ist, dass das oben beschriebene Verfahren zum Bestimmen einer Luftmasse in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine und/oder das oben beschriebene Verfahren zum
20 Betreiben einer Brennkraftmaschine ausführbar ist.

Die Steuereinrichtung kann beispielsweise einen programmierbaren Prozess aufweisen. Ferner kann die Steuereinheit eine Datenbank aufweisen, in welcher beispielsweise Daten für die
25 empirisch ermittelten Verhältnisse der Differenz-Füllungsäquivalente und der daraus korrespondierenden Luftmassen im Zylinder, Daten für ersten und zweiten Winkelbereiche des Kurbelwinkels und/oder Daten für die Verhältnisse der Korrekturfaktoren bei bestimmten Kurbelwinkeln, bei bestimmten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine und/oder bei
30 Verbrennungszuständen in der Expansionsphase gespeichert sind. Diese Daten können z.B. von dem Prozessor abgerufen werden. Ferner können in der Datenbank als Parameter beispielsweise die Steuerkoordinaten der Drosselklappe oder der
35 Zündzeitpunkte der Brennkraftmaschine der gespeichert sein. Ferner kann die Steuereinheit selbsttätig das oben beschriebene Verfahren initiieren.

Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein Computerprogramm zum Bestimmen einer Luftmasse in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine beschrieben. Das Computerprogramm ist eingerichtet, das oben beschriebene Verfahren

5 durchzuführen, wenn das Computerprogramm von einem Prozessor ausgeführt wird.

Im Sinne dieses Dokuments ist die Nennung eines solchen Computerprogramm gleichbedeutend mit dem Begriff eines Programm-

10 Elements, eines Computerprogrammprodukts und/oder eines computerlesbaren Mediums, das Anweisungen zum Steuern eines Computersystems enthält, um die Arbeitsweise eines Systems bzw. eines Verfahrens in geeigneter Weise zu koordinieren, um die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verknüpften Wirkungen zu

15 erreichen.

Das Computerprogramm kann als computerlesbarer Anweisungscode in jeder geeigneten Programmiersprache wie beispielsweise in JAVA, C++ etc. implementiert sein. Das Computerprogramm kann

20 auf einem computerlesbaren Speichermedium (CD-Rom, DVD, Blu-ray Disk, Wechsellaufwerk, flüchtiger oder nicht-flüchtiger Speicher, eingebauter Speicher/Prozessor etc.) abgespeichert sein. Der Anweisungscode kann einen Computer oder andere programmierbare Geräte, wie insbesondere ein Steuergerät bzw.

25 die oben beschriebene Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, derart programmieren, dass die gewünschten Funktionen ausgeführt werden. Ferner kann das Computerprogramm in einem Netzwerk wie beispielsweise dem Internet bereitgestellt werden, von dem es bei Bedarf von einem

30 Nutzer herunter geladen werden kann.

Die Erfindung kann sowohl mittels eines Computerprogramms, d.h. einer Software, als auch mittels einer oder mehrerer spezieller elektrischer Schaltungen, d.h. in Hardware oder in

35 beliebig hybrider Form, d.h. mittels Software-Komponenten und Hardware-Komponenten, realisiert werden.

Mit dem oben beschriebenen Verfahren kann somit die Frischluftmasse in dem Zylinder auch bei Motoren mit aufwendigen Ventilvariabilitäten basierend auf gemessenen Zylinderdrucksignalen bestimmt werden, ohne dass großer Rechenaufwand und Kalibrierungsaufwand notwendig wird. Somit kann das oben beschriebene Verfahren auch in einfacher Art und Weise in eine Motorsteuerung implementiert werden. Da das Fahren für jeden Kurbelwellendurchgang in einem Zylinder bestimmt werden kann, kann die Frischluftmasse auch bei einem transienten Motorbetrieb dynamisch bestimmt werden. Ferner kann das obige Verfahren aufgrund der einfachen Berechnung und der ausschließlichen Heranziehung der Zylinderdrucksignale auch bei Brennkraftmaschinen mit komplexen Ventilverstellsystemen eingesetzt werden.

Der Zylinderdruck hängt in dem zweiten Winkelbereich in der Expansionsphase von der freigesetzten Verbrennungswärme ab. Dies ist in einer Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Ottomotor, wiederum aufgrund der Quantitätsregelung von der im Zylinder befindlichen Frischluftmasse abhängig. Um eine bessere Korrelation zur umgesetzten Verbrennungsenergie zu erhalten, wird eine entsprechende Auswertung der Kompressionsphase (erstes Füllungsäquivalent) von der Auswertung der Expansionsphase (zweites Füllungsäquivalent) abgezogen. Dadurch wird auch der Einfluss von Restgas gemindert, da das Restgas sowohl in der Kompressionsphase komprimiert als auch in der Expansionsphase expandiert wird und somit durch die Subtraktion der beiden Füllungsäquivalente aus der Berechnung herausfällt. Zwar ist das Restgas während der Expansion in der Expansionsphase wärmer und verursacht dadurch mehr Druck als in der Kompressionsphase, doch wird diese Wärme des Restgases durch die Verbrennung zugeführt, welche wiederum von der umgesetzten Luftmasse abhängt. Somit spielt der Einfluss der Erwärmung des Restgases ebenfalls keine Rolle bei der Berechnung der Luftmasse.

Es wird darauf hingewiesen, dass die hier beschriebenen Ausführungsformen lediglich eine beschränkte Auswahl an mögli-

chen Ausführungsvarianten der Erfindung darstellen. So ist es möglich, die Merkmale einzelner Ausführungsformen in geeigneter Weise miteinander zu kombinieren, so dass für den Fachmann mit den hier expliziten Ausführungsvarianten eine Vielzahl von verschiedenen Ausführungsformen als offensichtlich offenbart anzusehen sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Im Folgenden werden zur weiteren Erläuterung und zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügte Figuren näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein Diagramm, in welchem ein Druckverlauf über einen Kurbelwinkel in der Kompressionsphase eingezeichnet ist, gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 zeigt ein Diagramm, in welchem ein erstes Füllungsäquivalent über die Verdichtungsarbeit in der Kompressionsphase eingezeichnet ist, gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 3 zeigt ein Diagramm, in welchem ein Druckverlauf über einen Kurbelwinkel in der Expansionsphase eingezeichnet ist, gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, in welchem ein Differenz-Füllungsäquivalent über einen Luftmassenverlauf dargestellt ist, gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 5 zeigt ein Diagramm, in welchem ein Korrekturfaktor f über einen normalisierten Heizverlauf bei 40°

Kurbelwinkel nach Zünd-OT eingezeichnet ist, gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und

5 Fig. 6 zeigt ein Diagramm, in welchem ein Differenz-Füllungsäquivalent über einen Luftmassenstrom nach einer brennverlaufbasierten Korrektur dargestellt ist, gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

10

Detaillierte Beschreibung von exemplarischen Ausführungsformen

15 Gleiche oder ähnliche Komponenten sind in den Figuren mit gleichen Bezugsziffern versehen. Die Darstellungen in den Figuren sind schematisch und nicht maßstäblich.

Fig. 1 zeigt den Druckverlauf einer Gesamtgasmasse m_{Zyl} in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine während einer Kompressionsphase. Auf der X-Achse ist der Kurbelwinkel zwischen -180° und 0° angegeben. Zwischen -180° und 0° Kurbelwinkel liegt ein Teil der Ansaugphase und die Verdichtungsphase des Zylinders. Beispielsweise wird bis zu einem Kurbelwinkel von 110° ein Gasgemisch, wie beispielsweise Luft und/oder Kraftstoff, angesaugt und ab 110° das Einlassventil geschlossen. Anschließend beginnt zwischen 110° Kurbelwinkel und 0° Kurbelwinkel die Verdichtungsarbeit, wobei ein Kolben in dem Zylinder die Gesamtgasmasse m_{Zyl} in dem Zylinder zusammenpresst.

30

In dem Beispiel in Fig. 1 wird ein erster Winkelbereich des Kurbelwinkels in der Kompressionsphase zwischen ungefähr -100° und -40° bestimmt. In dem ersten Bereich wird eine erste mittlere Druckdifferenz $\Delta \bar{p}_{komp}$ mittels folgender Formel berechnet:

35

$$\Delta \bar{p}_{komp} = \frac{1}{n} \sum_{i=i,ref-n}^{i,ref-1} (p_{i,ref} - p_i) = F A_{komp}$$

Diese erste mittlere Druckdifferenz $\Delta \bar{p}_{komp}$ entspricht einem ersten Füllungsäquivalent FA_{komp} in der Kompressionsphase des Zylinders.

- 5 Der Referenzdruck $p_{i,ref}$ wird an einem Ende des ersten Winkelbereichs mittels eines Drucksensors gemessen. In vorliegendem Beispiel wird der Referenzdruck $p_{i,ref}$ an dem Ende des ersten Winkelbereichs gemessen, welches am nächsten an dem Zünd-OT ($=0^\circ$ Kurbelwinkel) liegt.

10

Der erste Winkelbereich ist ferner derart gewählt, dass an dem am weitesten entfernten Ende des ersten Winkelbereichs relativ zu dem Zünd-OT (im vorliegenden Beispiel bei -100° Kurbelwinkel) das Einlassventil bereits geschlossen ist und
15 die Verdichtungsarbeit durch den Kolben bereits verrichtet wird.

20

Die erste mittlere Druckdifferenz $\Delta \bar{p}_{komp}$ in dem ersten Winkelbereich beschreibt sozusagen eine mittlere Druckänderung des Druckverlaufs. Aufgrund des Bildens des Mittelwertes können Offset-Korrekturen vernachlässigt werden.

25

Die erste mittlere Druckdifferenz $\Delta \bar{p}_{komp}$ entspricht dem ersten Füllungsäquivalent FA_{komp} . Das Füllungsäquivalent FA_{komp} ist (z.B. direkt) proportional zu einer Verdichtungsarbeit.

30

Fig. 2 zeigt beispielsweise, dass das Füllungsäquivalent FA_{komp} proportional zu der Verdichtungsarbeit ist. In dem Diagramm von Fig. 2 wird das erste Füllungsäquivalent FA_{komp} über die Verdichtungsarbeit dargestellt, wobei die Werte für einen betriebenen bzw. befeuerten Motor (fired) und die Werte für einen Motor, welcher nicht befeuert und geschleppt ist (PUC), dargestellt sind und entsprechend proportional sind. Die Verdichtungsarbeit ist ferner direkt proportional zu einer Gesamtgasmasse m_{zyl} im Zylinder. Somit ist ebenfalls das erste Füllungsäquivalent FA_{komp} proportional zu der Gesamtgasmasse m_{zyl} im Zylinder.

35

Die Gesamtgasmasse im Zylinder m_{Zyl} setzt sich zusammen aus der Restgasmasse m_{AGR} , der Kraftstoffmasse m_{Kr} und der Luftmasse m_{Luft} :

$$m_{\text{Zyl}} = m_{\text{Luft}} + m_{\text{Kr}} + m_{\text{AGR}}$$

Die Restgasmasse m_{AGR} besteht beispielsweise aus inerten Gasanteilen, welche aus einer vorangegangenen Verbrennung noch im Zylinder zurückgeblieben sind. Die Kraftstoffmasse m_{Kr} ist der Massenanteil des Kraftstoffs an der Gesamtgasmasse m_{Zyl} . Die Luftmasse m_{Luft} ist die Luftmasse, welche zum Zünd-OT in dem Zylinder vorliegt. Im Weiteren soll nun die Luftmasse m_{Luft} bestimmt werden.

Fig. 3 zeigt den Druckverlauf des Drucks im Zylinder über den Kurbelwinkel in einer Expansionsphase des Zylinders.

Ein zweites Füllungsäquivalent FA_{exp} wird während der Expansionsphase des Zylinders bestimmt, wobei das zweite Füllungsäquivalent FA_{exp} einer zweiten mittleren Druckdifferenz $\Delta \bar{p}_{\text{exp}}$ in einem zweiten Winkelbereich des Kurbelwinkels der Expansionsphase entspricht. Der zweite Winkelbereich wird in dem Beispiel aus Fig. 3 zwischen einem Kurbelwinkel von 40° und 100° bestimmt. In dem Kurbelwinkel zwischen 0° und 180° findet die Verbrennung des Kraftstoffs statt und das Ausstoßen der Abgase beginnt.

Die zweite mittlere Druckdifferenz $\Delta \bar{p}_{\text{exp}}$ in dem zweiten Winkelbereich des Kurbelwinkels der Expansionsphase wird beispielsweise mittels folgender Formel berechnet:

$$\Delta \bar{p}_{\text{exp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1+i, \text{ref}}^{n+i, \text{ref}} (p_{i, \text{ref}} - p_i) = FA_{\text{exp}}$$

Als Referenzdruck $p_{i, \text{ref}}$ in der Expansionsphase wird der Druck gemessen, welcher an einem Ende des zweiten Winkelbereichs vorliegt. Im vorliegenden Beispiel wird der Referenzdruck

$p_{i,ref}$ an dem Ende des zweiten Winkelbereichs gewählt, welches am nächsten zum Zünd-OT liegt.

Ein Vergleich zwischen Fig. 1 und Fig. 3 zeigt, dass das
5 Druckniveau in der Expansionsphase deutlich höher als in der
Kompressionsphase ist. Dies liegt darin begründet, dass in
der Expansionsphase das Gasgemisch verbrennt und heiß wird.
Der Zylinderdruck in der Expansionsphase hängt neben der Ge-
samtgasmasse m_{Zyl} von der freigesetzten Verbrennungswärme ab.
10 Die Werte des ersten Füllungsäquivalents FA_{komp} , des zweiten
Füllungsäquivalents FA_{exp} und damit auch des Differenz-
Füllungsäquivalents FA_{diff} sind abhängig vom Betriebszustand
der Brennkraftmaschine. Dies bedeutet beispielsweise, dass
bei einem Volllastbetrieb ein höheres Druckniveau in der Ex-
15 pansionsphase im Zylinder erzeugt wird als beispielsweise im
Leerlaufbetrieb.

Ein Vergleich der Zylinderdrücke in der Kompressionsphase und
der Expansionsphase führt zu einer bestimmten freigesetzten
20 Verbrennungswärme, welche wiederum von der Luftmasse abhängt.

Diese Korrelation zwischen dem Druckniveau in der Kompressi-
onsphase und in der Expansionsphase wird mittels eines Diffe-
renz-Füllungsäquivalents FA_{diff} beschrieben. Das Differenz-
25 Füllungsäquivalent FA_{diff} wird mittels Subtraktion des ersten
Füllungsäquivalents FA_{komp} von dem zweiten Füllungsäquivalent
 FA_{exp} bestimmt:

$$FA_{diff} = FA_{exp} - FA_{komp}$$

30 In einer vorteilhaften Ausführungsform kann der erste Winkel-
bereich und der zweite Winkelbereich mit demselben Abstand
zum Zünd-OT gewählt werden. Ferner können die Winkelbereichs-
größen des ersten Winkelbereichs und des zweiten Winkelbe-
35 reichs gleich groß gewählt werden. Dies führt dazu, dass der
Druckverlauf in dem ersten Winkelbereich und der Druckverlauf
in dem zweiten Winkelbereich fast symmetrisch sind (siehe
Vergleich Fig. 1, Fig. 3). In der beispielhaften Ausführungs-

form in Fig. 1 und Fig. 3 ist beispielsweise zu entnehmen, dass der erste Winkelbereich in der Kompressionsphase einen 40°-Kurbelwinkelabstand zum Zünd-OT aufweist und der zweite Winkelbereich in der Expansionsphase ebenfalls einen 40°-Kurbelwinkelabstand aufweist. Der erste Winkelbereich sowie der zweite Winkelbereich erstrecken sich über 60° Kurbelwinkel (-100° bis -40° in der Kompressionsphase und 40° bis 100° in der Expansionsphase).

Fig. 4 zeigt ein Auswertediagramm, in welchem das unkorrigierte Differenz-Füllungsäquivalent FA_{diff} über den Luftmassenstrom eingetragen ist.

Die Luftmassen m_{Luft} sind in Fig. 4 in mg (Milligramm) pro stk (mg pro stroke (Kolbenhub)) aufgetragen. Die Luftmassen m_{Luft} bezogen auf bestimmte Differenz-Füllungsäquivalente FA_{diff} werden beispielsweise empirisch für jede Brennkraftmaschine individuell ermittelt. Beispielsweise kann dies in Testständen bzw. im Labor ermittelt werden.

Bei geringen Lastzuständen, wie beispielsweise im Leerlauf der Brennkraftmaschine, kann die Genauigkeit der Luftmassenbestimmung beeinträchtigt werden. Wie beispielsweise in Fig. 4 dargestellt, werden bei einem Differenz-Füllungsäquivalent FA_{diff} von ungefähr 2 bar hohe Streuungen an Luftmassen m_{Luft} gemessen.

Dies liegt darin begründet, dass bei geringer Last der Brennkraftmaschine die Verbrennung in der Expansionsphase verlangsamt wird. Somit kann es zu einem Zustand kommen, in dem bei einem Kurbelwinkel, welcher bereits in dem zweiten Winkelbereich liegt, der Kraftstoff noch nicht zu 100% verbrannt ist. Somit ist noch nicht die komplette Verbrennungswärme freigesetzt, so dass der gemessene Druck nicht bei einer vollständigen Verbrennungswärme gemessen wurde. Dies führt wiederum dazu, dass die daraus bestimmte Luftmasse m_{Luft} nicht korrekt ermittelt wird.

In dem Fall, in dem die Verbrennung in dem zweiten Winkelbereich noch nicht vollständig beendet wurde, kann beispielsweise eine Korrekturrechnung vorgenommen werden. Dabei wird zu Beginn des zweiten Winkelbereichs der Expansionsphase ein

5 prozentualer Verbrennungsanteil einer vollständigen Verbrennung eines Kraftstoffs im Zylinder festgestellt. Der Beginn des zweiten Winkelbereichs ist dabei das Ende des zweiten Winkelbereichs, welches am nächsten zu dem Zünd-OT liegt.

10 Beispielsweise wird dabei festgestellt, dass zu Beginn des zweiten Winkelbereichs, in dem Beispiel aus Fig. 4 bei 40° Kurbelwinkel, die Verbrennung erst zu 90% abgeschlossen wurde, d.h. es hat noch keine vollständige Reaktion zwischen dem Kraftstoff m_{Kr} und der Luftmasse m_{Luft} stattgefunden. Der Heiz-

15 verlauf bzw. die Wärmemenge einer Verbrennung in Abhängigkeit des Kurbelwinkels wird beispielsweise durch die oben beschriebene Formel für den Heizverlauf ΔQ_H berechnet.

Wie in **Fig. 5** dargestellt, kann eine vollständige Verbrennung

20 normiert werden. Dies entspricht einem sogenannten normierten Summenheizverlauf Q_H . In Fig. 1 wird der normierte Summenheizverlauf Q_H an der x-Achse angetragen, wobei 1 eine vollständige Verbrennung darstellt und 0 keine Verbrennung darstellt. Zwischen den Werten 0 und 1 wird der prozentuale Ver-

25 brennungsanteil angegeben, welcher dem Heizverlauf ΔQ_H entspricht. Zu jedem Verbrennungsanteil einer vollständigen Verbrennung wird ein gewisser Korrekturfaktor f zugeordnet. Beispielsweise ist der Korrekturfaktor $f = 0,15$ bei einem 90%igen Verbrennungsanteil (siehe Fig. 5). Die jeweilige Zu-

30 ordnung der Werte des Korrekturfaktors f sind in Fig. 5 auf der Y-Achse eingetragen. Die Werte des Korrekturfaktors f bezüglich der einzelnen Verbrennungsanteile der Verbrennung in dem Zylinder (X-Achse) können für jede Brennkraftmaschine und für jeden Betriebszustand der Brennkraftmaschine empirisch

35 ermittelt werden.

Mit dem Korrekturfaktor f kann das zweite unkorrigierte Füllungsäquivalent $FA_{unkor,exp}$, welches auf gemessenen Druckwerten

$p_{i,ref}$, p_i basiert, bei welchen die Verbrennung noch nicht zu 100% vollzogen war, korrigiert werden, so dass ein korrigiertes zweites Referenz-Füllungsäquivalent $FA_{exp,Ref}$ bestimmt werden kann. Zur Bestimmung des zweiten korrigierten Referenz-Füllungsäquivalents $FA_{exp,Ref}$ kann die folgende Formel herangezogen werden:

$$FA_{exp,Ref} = \frac{FA_{unkor,exp}}{1-f}$$

- 10 Von dem korrigiertem zweitem Referenz-Füllungsäquivalent $FA_{exp,Ref}$ kann wiederum das erste Füllungsäquivalent FA_{komp} abgezogen werden, um das korrigierte Differenz-Füllungsäquivalent FA_{diff} zu erhalten.
- 15 **Fig. 6** zeigt, dass auch in geringen Lastbereichen der Brennkraftmaschine, in denen ein kleines Differenz-Füllungsäquivalent FA_{diff} zwischen 2 bar und 4 bar vorliegt, eine exaktere Aussage über Luftmasse m_{Luft} in dem Zylinder mittels des Korrekturfaktors f getroffen werden kann. Die
- 20 Streuung der Werte bei einem kleinen Differenz-Füllungsäquivalent, welches mittels des zweiten Referenz-Füllungsäquivalents berechnet wurde, liegen innerhalb eines Streubereichs von -3% bis +3%.
- 25 Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass "umfassend" keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und "eine" oder "ein" keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, auch
- 30 in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

Bezugszeichenliste

5	$\Delta \bar{p}_{komp}$	erste mittlere Druckdifferenz
	$\Delta \bar{p}_{exp}$	zweite mittlere Druckdifferenz
	$p_{i,ref}$	Referenzdruck
	p_i	gemessener Druck
10		
	FA_{komp}	erste Füllungsäquivalent
	FA_{exp}	zweite Füllungsäquivalent
	FA_{diff}	Differenz-Füllungsäquivalent
	$FA_{unkor,exp}$	unkorrigiertes zweites Füllungsäquivalent
15	$FA_{exp,Ref}$	zweites Referenz-Füllungsäquivalent
	m_{zyl}	Gesamtgasmasse
	m_{AGR}	Restgasmasse
	m_{Kr}	Kraftstoffmasse
	m_{Luft}	Luftmasse
20		
	f	Korrekturfaktor
	Q_H	Summenheizverlauf
	ΔQ_H	Heizverlauf
25		

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen einer Luftmasse (m_{Luft}) in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine, wobei das Verfahren aufweist

Bestimmen eines ersten Füllungsäquivalents (FA_{komp}) während einer Kompressionsphase des Zylinders, wobei das erste Füllungsäquivalent (FA_{komp}) einer ersten mittleren Druckdifferenz ($\Delta \bar{p}_{\text{komp}}$) in einem ersten Winkelbereich eines Kurbelwinkels in der Kompressionsphase entspricht,

Bestimmen eines zweiten Füllungsäquivalents (FA_{exp}) während einer Expansionsphase des Zylinders, wobei das zweite Füllungsäquivalent (FA_{exp}) einer zweiten mittleren Druckdifferenz ($\Delta \bar{p}_{\text{exp}}$) in einem zweiten Winkelbereich des Kurbelwinkels der Expansionsphase entspricht,

Bilden eines Differenz-Füllungsäquivalents (FA_{diff}) mittels Subtraktion des ersten Füllungsäquivalents (FA_{komp}) von dem zweiten Füllungsäquivalent (FA_{exp}), und

Bestimmen der Luftmasse (m_{Luft}) in dem Zylinder basierend auf dem Differenz-Füllungsäquivalent (FA_{diff}).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei der erste Winkelbereich einen ersten Winkelabstand zu einem Zünd-oberen Totpunkt des Kurbelwinkels aufweist, wobei der zweite Winkelbereich einen zweiten Winkelabstand zu dem Zünd- oberen Totpunkt des Kurbelwinkels aufweist, und wobei der erste Winkelabstand gleich groß wie der zweite Winkelabstand ist.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der erste Winkelbereich gleich groß wie der zweite Winkelbereich ist.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei in dem ersten Winkelbereich ein Einlassventil des Zylinders geschlossen ist.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, ferner aufweisend

Bestimmen eines prozentualen Verbrennungsanteils einer vollständigen Verbrennung eines Kraftstoffs im Zylinder zu

5 Beginn des zweiten Winkelbereichs der Expansionsphase,

Bestimmen eines Korrekturfaktors (f), welcher indikativ für den prozentualen Verbrennungsanteils ist,

wobei das Bestimmen des zweiten Füllungsäquivalents (FA_{exp}) aufweist

10 Bestimmen eines unkorrigierten zweiten Füllungsäquivalents ($FA_{unkor,exp}$), und

Bestimmen des zweiten Füllungsäquivalents (FA_{exp}) basierend auf der Formel:

$$FA_{exp} = \frac{FA_{unkor,exp}}{1-f}$$

15 wobei

FA_{exp} = zweites Füllungsäquivalent,

$FA_{unkor,exp}$ = unkorrigiertes zweites Füllungsäquivalent,

und

f = Korrekturfaktor.

20

6. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, das Verfahren aufweisend

Durchführen des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, und

25 Einstellen einer Kraftstoff-/Luft-Mischung der Brennkraftmaschine basierend auf der bestimmten Luftmasse (m_{Luft}) in dem Zylinder der Brennkraftmaschine.

7. Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine eines

30 Kraftfahrzeugs, wobei die Steuereinrichtung derart eingerichtet ist, dass das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 und/oder das Verfahren gemäß Anspruch 6 ausführbar ist.

8. Computerprogramm zum Bestimmen einer (m_{Luft}) Luftmasse in
35 einem Zylinder einer Brennkraftmaschine, das, wenn es von einem Prozessor ausgeführt wird, zum Durchführen des Verfahrens

gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 und/oder des Verfahrens gemäß Anspruch 6 eingerichtet ist.

1/3

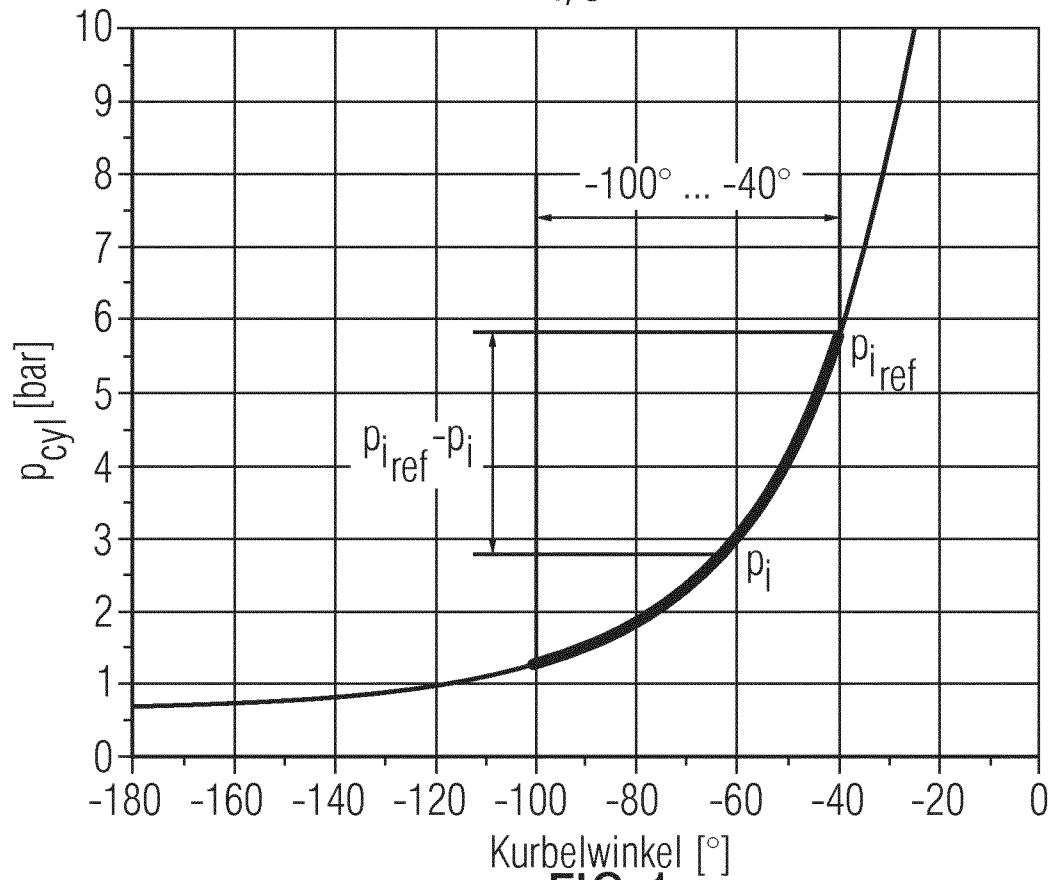


FIG 1

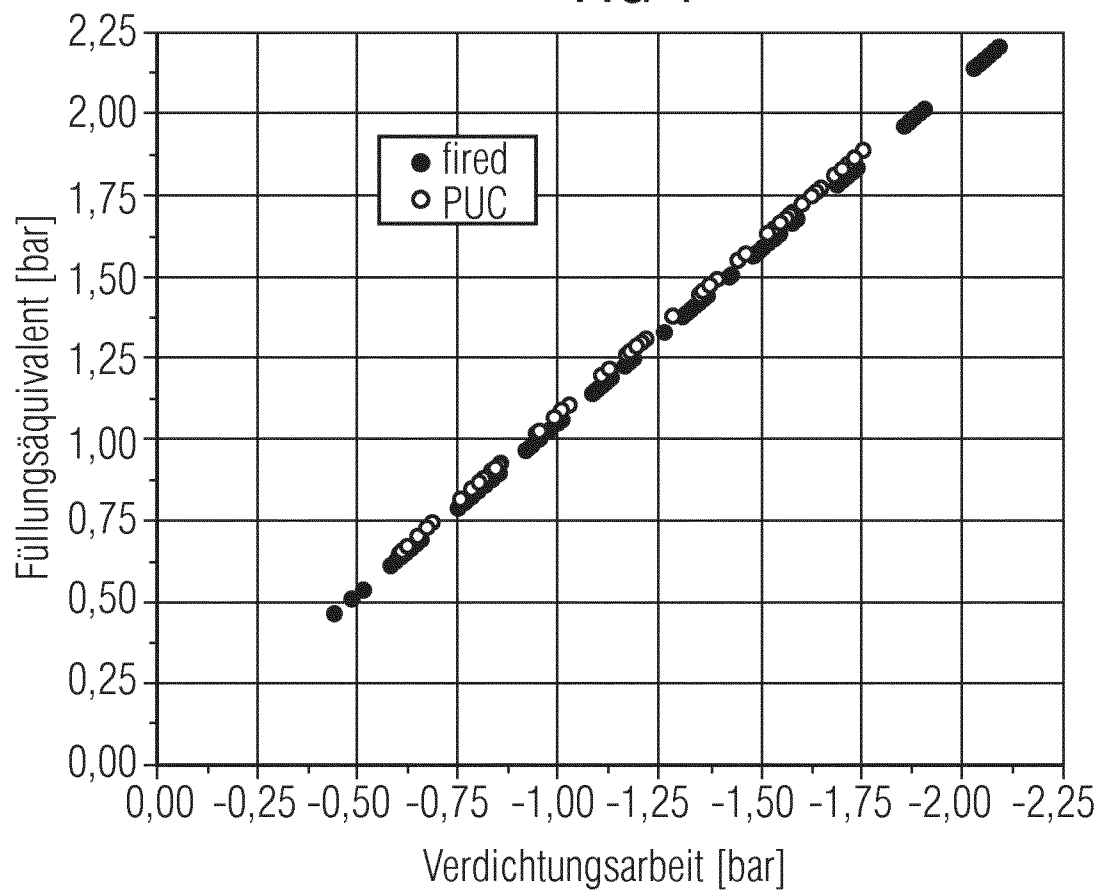


FIG 2

2/3

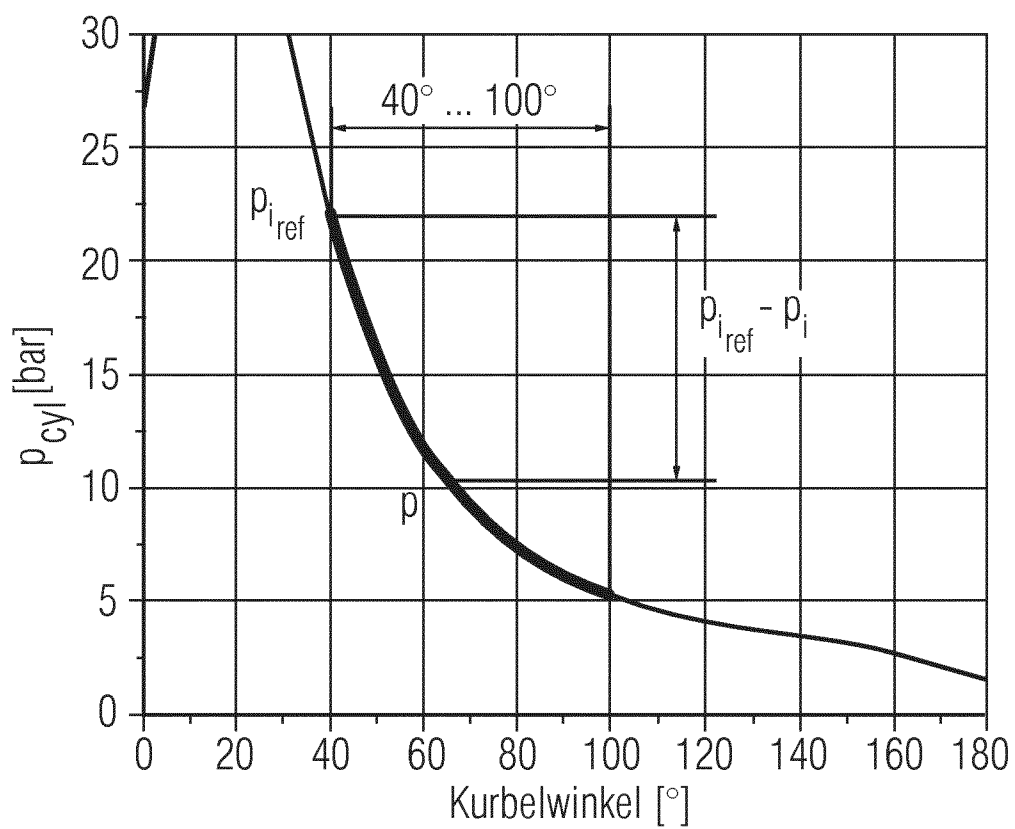


FIG 3

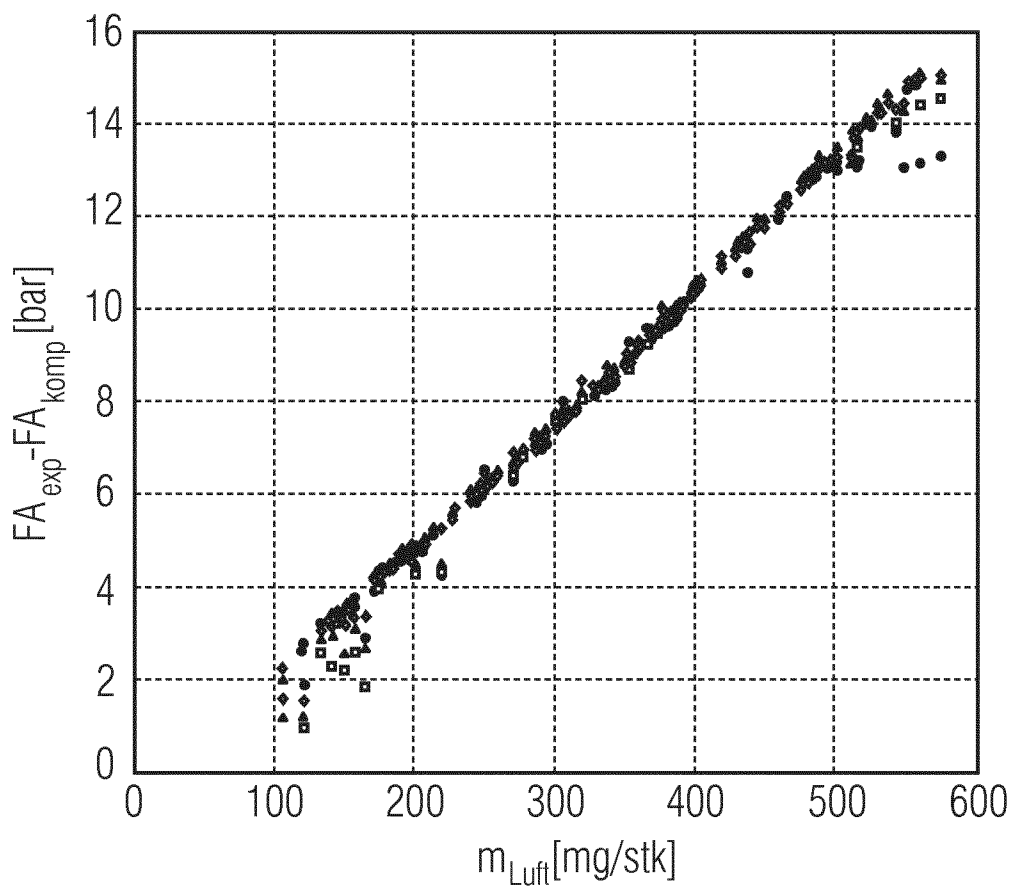


FIG 4

3/3

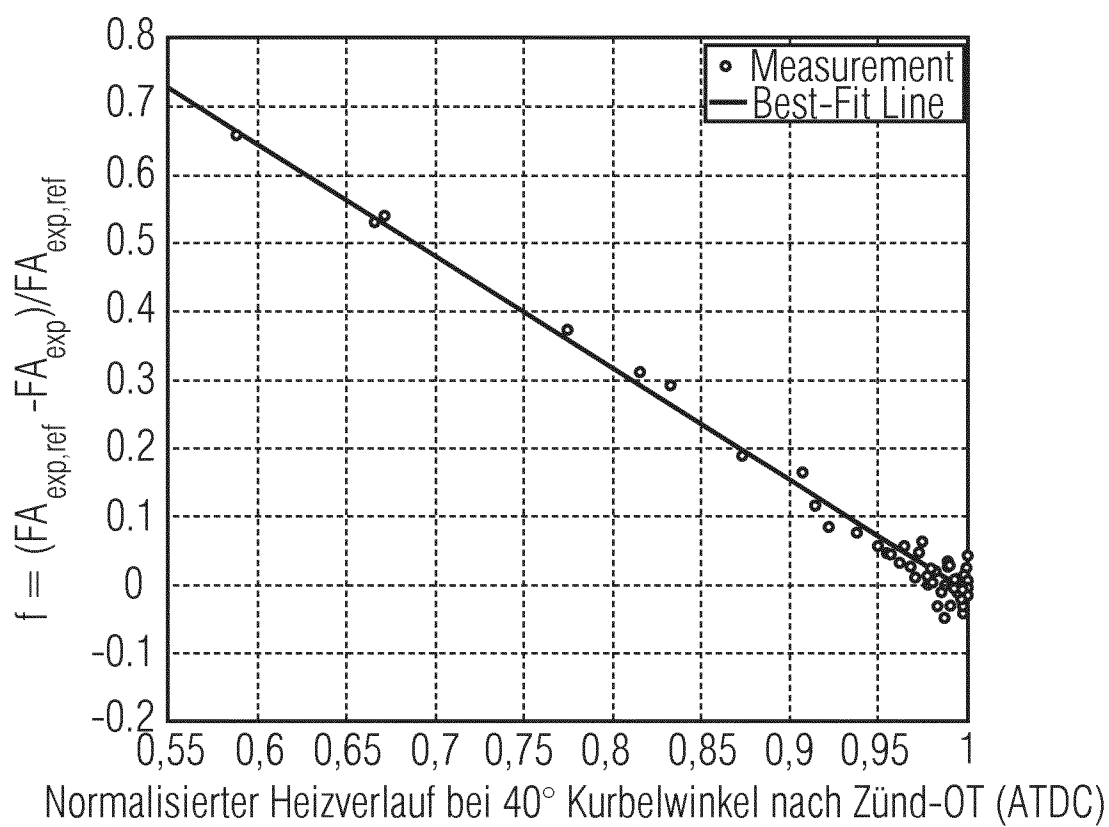


FIG 5

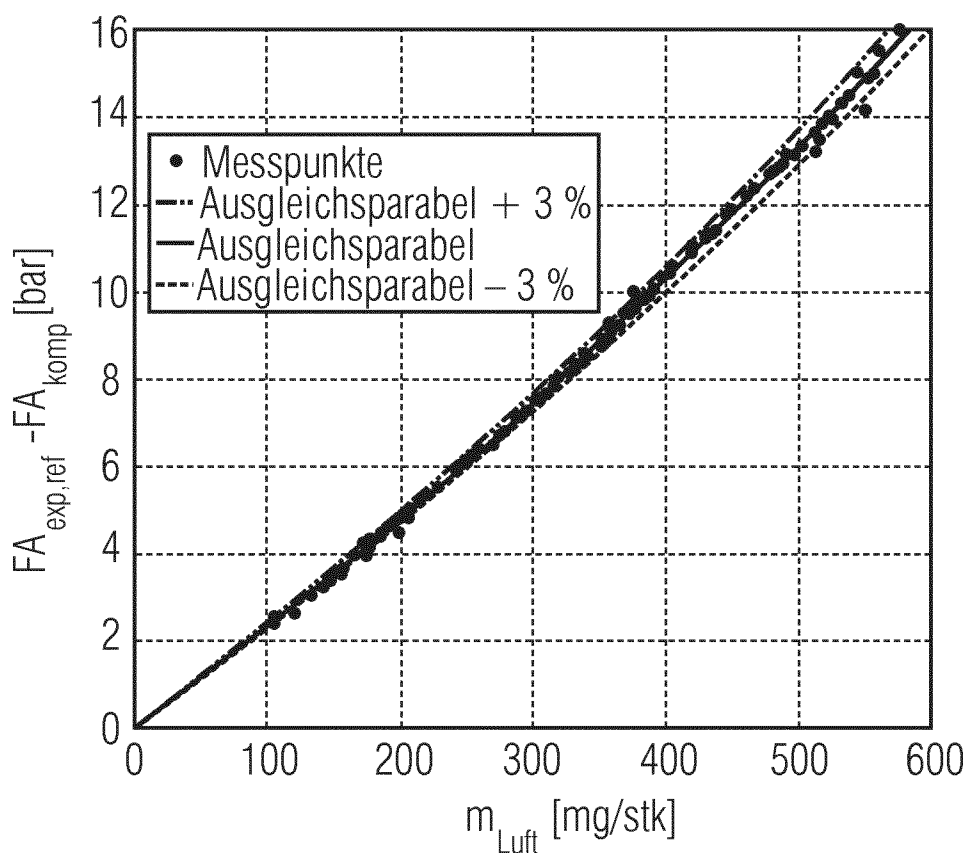


FIG 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/072676

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D35/02
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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 662 121 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 31 May 2006 (2006-05-31) paragraphs [0022], [0036]; figure 1 -----	1,3,5-8
X	DE 44 43 517 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 22 June 1995 (1995-06-22) page 3, line 66 - page 4, line 57; figure 2 -----	1,3-8
X	US 5 359 975 A (KATASHIBA HIDEAKI [JP] ET AL) 1 November 1994 (1994-11-01) column 2, lines 15-19; figures 6,7 -----	1-3,5-8
A	US 2010/004845 A1 (TUNESTAL PER [SE]) 7 January 2010 (2010-01-07) paragraphs [0001], [0009] - [0012], [0014], [0084]; figure 1 ----- -/--	1



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

10 February 2014

Date of mailing of the international search report

17/02/2014

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

Martínez Hurtado, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/072676

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/040475 A1 (TAIBI CRISTIAN [IT] ET AL) 17 February 2011 (2011-02-17) figures 14-15 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/072676

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 1662121	A1	31-05-2006	EP	1662121 A1		31-05-2006
			FR	2878575 A1		02-06-2006

DE 4443517	A1	22-06-1995	DE	4443517 A1		22-06-1995
			GB	2284895 A		21-06-1995
			JP	H07189801 A		28-07-1995
			US	6167755 B1		02-01-2001

US 5359975	A	01-11-1994	JP	2809535 B2		08-10-1998
			JP	H05157009 A		22-06-1993
			US	5359975 A		01-11-1994

US 2010004845	A1	07-01-2010	CN	101627295 A		13-01-2010
			EP	2118633 A1		18-11-2009
			JP	5256443 B2		07-08-2013
			JP	2010518384 A		27-05-2010
			RU	2009128172 A		20-03-2011
			US	2010004845 A1		07-01-2010
			WO	2008095569 A1		14-08-2008

US 2011040475	A1	17-02-2011	CN	101957266 A		26-01-2011
			GB	2471893 A		19-01-2011
			RU	2010129847 A		27-01-2012
			US	2011040475 A1		17-02-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D35/02
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter 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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 662 121 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 31. Mai 2006 (2006-05-31) Absätze [0022], [0036]; Abbildung 1 -----	1,3,5-8
X	DE 44 43 517 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 22. Juni 1995 (1995-06-22) Seite 3, Zeile 66 - Seite 4, Zeile 57; Abbildung 2 -----	1,3-8
X	US 5 359 975 A (KATASHIBA HIDEAKI [JP] ET AL) 1. November 1994 (1994-11-01) Spalte 2, Zeilen 15-19; Abbildungen 6,7 -----	1-3,5-8
A	US 2010/004845 A1 (TUNESTAL PER [SE]) 7. Januar 2010 (2010-01-07) Absätze [0001], [0009] - [0012], [0014], [0084]; Abbildung 1 ----- -/-	1



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

10. Februar 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/02/2014

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

Martínez Hurtado, L

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2011/040475 A1 (TAIBI CRISTIAN [IT] ET AL) 17. Februar 2011 (2011-02-17) Abbildungen 14-15 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/072676

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1662121	A1	31-05-2006	EP	1662121 A1		31-05-2006
			FR	2878575 A1		02-06-2006

DE 4443517	A1	22-06-1995	DE	4443517 A1		22-06-1995
			GB	2284895 A		21-06-1995
			JP	H07189801 A		28-07-1995
			US	6167755 B1		02-01-2001

US 5359975	A	01-11-1994	JP	2809535 B2		08-10-1998
			JP	H05157009 A		22-06-1993
			US	5359975 A		01-11-1994

US 2010004845	A1	07-01-2010	CN	101627295 A		13-01-2010
			EP	2118633 A1		18-11-2009
			JP	5256443 B2		07-08-2013
			JP	2010518384 A		27-05-2010
			RU	2009128172 A		20-03-2011
			US	2010004845 A1		07-01-2010
			WO	2008095569 A1		14-08-2008

US 2011040475	A1	17-02-2011	CN	101957266 A		26-01-2011
			GB	2471893 A		19-01-2011
			RU	2010129847 A		27-01-2012
			US	2011040475 A1		17-02-2011
