



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 44 43 517 B4** 2004.11.25

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 44 43 517.7**  
(22) Anmeldetag: **07.12.1994**  
(43) Offenlegungstag: **22.06.1995**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **25.11.2004**

(51) Int Cl.7: **F02D 41/00**  
**F02D 41/18**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(66) Innere Priorität:  
**P 43 42 588.7 14.12.1993**

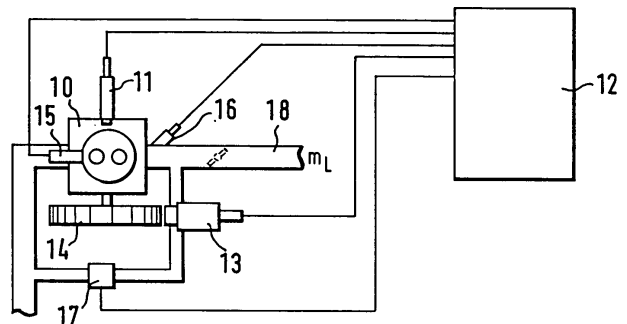
(71) Patentinhaber:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Damson, Eckart, 70839 Gerlingen, DE; Denz, Helmut, Dipl.-Ing., 70176 Stuttgart, DE; Klenk, Martin, Dipl.-Ing., 71522 Backnang, DE; Herden, Werner, Dr.-Ing., 70839 Gerlingen, DE; Moser, Winfried, Dr.-Ing., 71642 Ludwigsburg, DE; Kuesell, Matthias, Dr.-Ing., 70806 Kornwestheim, DE; Rottler, Juergen, Dr.-Ing., 76149 Karlsruhe, DE; Wascheck, Ralf, Dipl.-Ing., 38118 Braunschweig, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 42 27 431 A1**  
**DE 42 16 058 A1**  
**DE 40 07 557 A1**  
**DE 40 01 362 A1**  
**DE 35 27 856 A1**  
**EP 03 99 069 B1**

(54) Bezeichnung: **Einrichtung zur Lasterfassung bei einer Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Einrichtung zur Lasterfassung bei einer Brennkraftmaschine mit einem Drucksensor, der im Brennraum der Brennkraftmaschine angeordnet ist und ein vom Brennraumdruck abhängiges Ausgangssignal liefert, mit einem Kurbelwinkelsensor zur Erfassung des Kurbelwellenwinkels und einer Recheneinrichtung, die die Last aus Relativwerten des Ausgangssignals des Drucksensors bei vorgebbaren Kurbelwellenwinkeln ermittelt, dadurch gekennzeichnet, dass die Last aus der Differenz von zwei Integralwerten ermittelt wird, wobei die Integralwerte durch Integration des Ausgangssignals des Drucksensors zwischen jeweils zwei verschiedenen, vorgebbaren Kurbelwellenwinkeln bestimmt werden.



## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einer Einrichtung zur Lasterfassung bei einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

### Stand der Technik

**[0002]** Es ist bekannt, daß zur Regelung einer Brennkraftmaschine eine Vielzahl von Informationen über den Motorbetrieb benötigt werden. Diese Informationen werden mit Hilfe geeigneter Sensoren gewonnen. In Abhängigkeit von diesen Informationen sowie von abgespeicherten Kennfeldern werden die für den Betrieb der Brennkraftmaschine wichtigen Größen wie Zündzeitpunkte, Einspritzzeiten und Abgasrückführraten ermittelt. Zum Auffinden der jeweils aktuell benötigten Informationen müssen die Last und die Drehzahl bekannt sein, da die meisten Kennfelder last- und drehzahlabhängig sind.

**[0003]** Als Lastsensoren werden üblicher Weise Luftmengenmesser, Luftmassenmesser, Drosselklappensensoren oder Saugrohrdrucksensoren eingesetzt. Mit Hilfe dieser hochgenauen Sensoren wird vom Steuergerät der Brennkraftmaschine der Luftmassenstrom ermittelt, der von den Zylindern angesaugt wird. Es läßt sich mit solchen Sensoren also lediglich der Luftmassenstrom für alle Zylinder bestimmen, zylinderspezifische Aussagen sind nicht möglich.

**[0004]** Eine weitere Möglichkeit der Lasterfassung wird durch den Einsatz eines Brennraumdrucksensors in jedem Zylinder der Brennkraftmaschine gegeben. Der Brennraumdruck im Zylinder ist in der Kompressionsphase abhängig von der Gasmasse, die in diesem Arbeitstakt verdichtet und anschließend umgesetzt wird. Es wird daher beispielsweise in der DE 35 27 856 A1 vorgeschlagen, daß der Absolutdruck eines Zylinders zu einer vorgegebenen Kurbelwellenwinkelstellung als Eingangsgröße einer Berechnung der Lastgröße eingeht. Für diese Berechnung wird dabei die Zustandsgleichung für reale Gase ausgewertet.

**[0005]** In der DE 40 01 362 A1 wird im Zusammenhang mit einem Verfahren zur Lasterfassung, bei dem das Ausgangssignal von Brennraumdrucksensoren ausgewertet wird, erkannt, daß auch die Temperatur der angesaugten Luftmasse eine wichtige Eingangsgröße in die Gleichung zur Berechnung der Last darstellt und daher ermittelt werden müßte. Es wird daher vorgeschlagen, zusätzlich zum Lastsensor (Brennraumdrucksensor) noch einen Temperatursensor einzusetzen, der die Temperatur der angesaugten Luft mißt und dessen Meßwerte bei der exakten Lastermittlung zu berücksichtigen sind.

**[0006]** Sehr problematisch ist bei den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren die Erfassung des Absolutdruckes. Es werden Absolutdrucksensoren benötigt, die unter den gegebenen Bedingungen für eine Brennkraftmaschine kaum oder nur mit sehr hohen Kosten zu realisieren sind, daher ist eine Lasterfassung mittels Brennraumdrucksensoren kaum möglich.

**[0007]** Die DE 40 07 557 A1 zeigt einen Treibstoffregler für einen Verbrennungsmotor mit einem Druckfühler zum Ermitteln des Drucks in einem Verbrennungsraum sowie einen Kurbelwinkelfühler zum Ermitteln eines Kurbelwinkels. Die Motorlast wird dabei aus Relativwerten des Drucksensorsignals ermittelt.

**[0008]** Bei der aus der EP 0 399 069 B1 bekannten Normierung des Ausgangssignals eines Zylinderdrucksensors wird der absolute Druckwert ermittelt. Hierbei wird der mit Hilfe eines Zylinderdrucksensors gemessene Zylinderdruck normiert, indem als Referenzdruck der Atmosphärendruck verwendet wird, wobei der Referenzdruck bzw. Atmosphärendruck in einem Zylinder der Brennkraftmaschine genau dann auftritt, wenn zwischen dem Abgasausstoßtakt und dem Gemischansaugtakt sowohl das Auslass- als auch das Einlassventil des Zylinders geöffnet sind.

**[0009]** Die DE 42 27 431 A1 zeigt ein Verfahren zur zylinderspezifischen Bestimmung der in den Brennraum einer Brennkraftmaschine eingesaugten Luftmasse. Kennzeichnend für dieses Verfahren ist es, dass in einem Anfangsschritt pro Arbeitsspiel der Zylinderzahl der betreffenden Brennkraftmaschine entsprechend viele Kurbelwinkel-(KW-)Marken definiert werden und in dem Zeitraum zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Kurbelwinkel-Marken das lineare oder linearisierte Ausgangssignal eines Luftmassensensors, eines Luftvolumensensors oder eines p-korrigierten Luftvolumensensors von einem fest vorgegebenen Anfangswert, vorzugsweise Null, an aufintegriert wird. Am Ende des vorgegebenen Intervalls wird der erreichte Wert dieses Integrals zwischengespeichert, wobei dieser Wert der angesaugten Luftmasse desjenigen Zylinders entspricht,

dessen Ansaugphase während des Integrations-Intervalls gerade wirksam war. Aus der Summe der aufintegrierten Werte, die den Zylindern während eines Arbeitsspiels zuzuordnen sind, wird auf die während des Arbeitsspiels insgesamt angesaugte Luftmasse geschlossen.

**[0010]** Aus der DE 42 16 058 A1 ist ein Verfahren zur Korrektur der Lage einer Bezugsmarke bekannt, die einer bestimmten Stellung einer Brennkraftmaschine, vorzugsweise dem oberen Totpunkt zugeordnet ist und von einem Aufnehmer abgetastet wird. Der Brennraumdruckverlauf wird in wenigstens einem Zylinder der Brennkraftmaschine bei verbrennungsfreiem Betrieb in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel ermittelt und gespeichert und an einer durch den Kurbelwellenwinkel bestimmten Spiegelmarke gespiegelt. Der gespiegelte Druckverlauf wird dann vom gespeicherten Brennraumdruckverlauf abgezogen. Zur Bestimmung eines ersten Differenzdruckverlaufs werden weitere Differenzdruckverläufe bei unterschiedlichen Lagen der Spiegelmarke bestimmt und die Differenzdruckverläufe miteinander verglichen. Die Lage der Spiegelmarke, bei der der Differenzdruck um einen vorgebbaren kleinen Wert von Null verschieden ist, definiert den oberen Totpunkt und wird zur Korrektur der Lage der Bezugsmarke verwendet.

#### Aufgabenstellung

**[0011]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in einer kostengünstigen und zuverlässigen Lastermittlung aus den Ausgangssignalen wenigstens eines Brennraumdrucksensors.

**[0012]** Die Aufgabe wird mit dem Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

#### Vorteile der Erfindung

**[0013]** Die erfindungsgemäße Einrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß die Lastermittlung aus den Ausgangssignalen wenigstens eines Brennraumdrucksensors oder eines Brennraumdrucksensors je Zylinder kostengünstig und zuverlässig erfolgen kann. Ermöglicht wird dies, indem nicht der Absolutdruck im Brennraum ausgewertet wird, sondern nur Relativwerte, die aus dem Ausgangssignal des Drucksensors ermittelbar sind.

**[0014]** Es wird dabei aus einem Druckintegral in der Kompressionsphase und gegebenenfalls auch in der Ansaugphase und der Expansionsphase die Last bzw. die der Brennkraftmaschine zugeführte Luftmasse oder Zylinderfüllung ermittelt. Der Druckverlauf wird dazu im genannten Arbeitsspiel oder Teilen davon erfaßt und ausgewertet. Werden nur Teilbereiche des Arbeitsspiels ausgewertet, so sind dennoch Aussagen über den genannten Druckverlauf und damit über die vom Motor umgesetzte oder geleistete Arbeit möglich. Dies bedeutet zusätzlich, daß sich Fehler wie Temperaturgang, Streuungen und Alterung des Nullpunktes sowie thermische Fehler durch die Verbrennung selbst nicht auf die Lastermittlung auswirken.

**[0015]** Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens werden durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen erzielt.

**[0016]** Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß Phasenverschiebungen, die beispielsweise durch den dynamischen oberen Totpunkt-Fehler verursacht werden, die bei der Abtastung der Druckverläufe noch vorhanden sind, durch die Auswertung von Druckdifferenz und Druckintegral automatisch korrigiert werden.

**[0017]** Bei der Lastfassung mittels gewichteter Summenbildung können in vorteilhafter Weise nicht relevante Meßwerte oder Meßbereiche ausgeblendet werden, indem die zugehörigen Gewichtungsfaktoren zu Null gemacht werden.

#### Ausführungsbeispiel

#### Zeichnung

**[0018]** Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Dabei sind in **Fig. 1** die für das Verständnis der Erfindung bedeutsamen Größen einer Brennkraftmaschine schematisch dargestellt, in **Fig. 2** ist der Verlauf des Zylinderdruckes über dem Kurbelwellenwinkel aufgetragen.

**[0019]** In Fig. 1 sind die zur Erläuterung der Erfindung wesentlichen Bestandteile einer Brennkraftmaschine schematisch dargestellt. Dabei ist mit **10** ein Zylinder der Brennkraftmaschine bezeichnet. Dem Zylinder **10** ist ein Drucksensor **11** zugeordnet, der den Brennraumdruck im Zylinder mißt und einer Auswerteeinrichtung, beispielsweise dem Steuergerät **12** ein Signal  $U(p)$  liefert, das als druckproportionaler Spannungsverlauf vorliegt.

**[0020]** Im Steuergerät **12** wird der Druck kurbelwellensynchron verarbeitet, indem die digitale Abtastung mit Hilfe eines Winkelsensors **13** getaktet wird. Der Winkelsensor **13** tastet dabei einen Zahnkranz **14** ab, der sich kurbelwellensynchron dreht. Das aufbereitete Ausgangssignal des Winkelsensors **13** ist ein rechteckförmiges Signal, dessen High-Low-Phasen den Zahnkranz **14** widerspiegeln.

**[0021]** Mittels geeigneter Flanken dieses Rechtecksignals werden die für die kurbelwellensynchrone Abtastung benötigten Signale erzeugt. Die Drehzahl der Brennkraftmaschine wird in bekannter Weise durch Auswertung der zeitlichen Abstände gleichartiger Flanken des drehzahlabhängigen Rechtecksignals des Winkelsensors **13** bestimmt.

**[0022]** Im Steuergerät **12** werden sowohl die Signale des Drucksensors **11** als auch die des Winkelsensors **13** zur Ermittlung der dem Saugrohr **18** zugeführten Luftmasse  $m_L$  ausgewertet. Die zugeführten Luftmasse  $m_L$  ist dabei aus den erhaltenen Druckdifferenzen bzw. den Druckintegralen ermittelbar. Wie die Druckdifferenzen bzw. die Druckintegrale genau berechnet werden, bzw. wie daraus die zugeführte Luftmasse  $m_L$  berechnet wird, wird mit Hilfe der Fig. 2 noch näher erläutert.

**[0023]** In der zentralen Prozessoreinheit (CPU) des Steuergerätes wird aus in Speichern abgespeicherten Kennfeldern beispielsweise der Zündzeitpunkt, die Einspritzzeit und die Abgasrückführrate in Abhängigkeit von Drehzahl und Druckdifferenz bzw. Druckintegral bzw. der daraus ermittelten Luftmasse berechnet. Unter Berücksichtigung der Kennfeldwerte wird der Zündfunke an der Zündkerze **15** erzeugt, die Kraftstoffmasse für das Einspritzventil **16** zugemessen und die Abgasrückführrate am Abgasrückführventil **17** eingestellt.

**[0024]** Mit der in Fig. 1 dargestellten Einrichtung, mit einem Drucksensor pro Zylinder kann der Liefergradunterschied der einzelnen Zylinder eines Verbrennungsmotor erkannt und behoben werden, es ist dadurch möglich den Kraftstoffverbrauch und die Rohemission abzusenken. Darüber hinaus können andere teure Lastsensoren eingespart werden.

**[0025]** Für einfache und besonders kostengünstige Systeme kann ein Brennraumdrucksensor in nur einem Zylinder der Brennkraftmaschine angeordnet sein, der die Betriebsparameter für den gesamten Motor liefert.

**[0026]** In Fig. 2 ist der aus dem Ausgangssignal des Drucksensors  $U(p)$  gewonnene Verlauf des Zylinderdruckes  $p$  über dem Kurbelwellenwinkel  $x$  aufgetragen. Der Verlauf des Zylinderdruckes  $p(x)$  ist während des Ansaugtaktes relativ konstant, er steigt in der Kompressionsphase stark an und erreicht im Verbrennungstakt sein Maximum. Nach dem Verbrennen sowie im Ausstoßtakt fällt der Druck wieder ab.

**[0027]** Neben dem Druckverlauf sind in Fig. 2 noch weitere Größen eingetragen, die für die erfindungsgemäße Auswertung wesentlich sind. Es sind dies zum einen die Druckdifferenz  $dp$  sowie die Integrationsbereiche  $I_1$  und  $I_2$ . Dabei lassen sich diese Integrationsbereiche  $I_1$  und  $I_2$  in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel  $x$  oder vom zugehörigen Zylindervolumen  $V$  festlegen. Sie sind aus dem Druckverlauf zu berechnen, es gelten dabei folgende Gleichungen:

$$dp = p(x_2) - p(x_1)$$

$$I_{px} = I_{2x} - I_{1x}$$

$$\text{mit: } I_{2x} = \int_{x_1}^{x_2} p(x) dx \quad \text{und: } I_{1x} = \int_{360-x_2}^{360-x_1} p(x) dx$$

oder:

$$I_{pV} = I_{2V} - I_{1V}$$

$$\text{mit: } I_{2V} = \int_{x1}^{x2} p(x) dV \quad \text{und: } I_{1V} = \int_{360-x2}^{360-x1} p(x) dV$$

**[0028]** Für die Lasterfassung aus dem gemessenen Brennraumdruckverlauf sind also mehrere Möglichkeiten denkbar. Der erste Weg besteht darin, die Last mit Hilfe der Auswertung der Druckdifferenz  $dp$  zu ermitteln, die zweite Möglichkeit besteht darin, die Last mit Hilfe der Auswertung eines oder mehrerer Druckintegrale zu bestimmen. Eine dritte Möglichkeit ist die Lastbestimmung mittels einer gewichteten Summenbildung geeigneter Druckwerte, dies ist eine Verallgemeinerung des ersten Weges. Alle Methoden bauen darauf auf, daß der Brennraumdruckverlauf prinzipiell bekannt ist und sich nach jeweils vier Takten wiederholt. Der vorherzusehende Verlauf rechtfertigt die folgende Vorgehensweise.

### 1. Lasterfassung aus Druckdifferenz

**[0029]** Zur Bestimmung der Druckdifferenz  $dp$  wird der Druck an der Stelle  $x1$  vom Druck an der Stelle  $x2$  abgezogen. Beide Stützstellen  $x1$  und  $x2$  liegen im Kompressionstakt, für die Stützstelle  $x2$  ist vorzugsweise der früheste Zündzeitpunkt, beispielsweise  $340^\circ$  KW zu wählen. Die Stützstelle  $x1$  sollte einerseits weit genug vor  $x2$  liegen, damit die Druckdifferenz möglichst groß wird, aber andererseits sollte die Stützstelle  $x1$  nicht im Bereich von Störungen durch Ventilbewegungen oder ähnliches liegen. Als günstiger Wert hat sich ein Kurbelwellenwinkel von  $x = 300^\circ$  KW erwiesen. Durch Aufstellen der realen Gasgleichung für beide Stützstellen wird für die Gasmasse  $m_G$  erhalten:

$$m_G = \frac{p(x1) * V(x1)}{R(x1) * T(x1)}, \quad m_G = \frac{p(x2) * V(x2)}{R(x2) * T(x2)}$$

unter der Bedingung daß gilt:

$$dp = p(x2) - p(x1), \quad m_G = m_L + m_K + m_R, \quad x2 > x1$$

berechnet sich die Luftmasse dann zu:

$$m_L = \frac{dp}{\frac{R(x2) * T(x2)}{V(x2)} - \frac{R(x1) * T(x1)}{V(x1)}} - m_K - m_R$$

wobei  $m_K$  die Masse des Kraftstoffs im Zylinder und  $m_R$  die Restgasmasse, also die Masse des Gases, das im Zylinder zurückbleibt, ist.

**[0030]** Diese Gleichung kann auch mit Hilfe eines Korrekturfaktors  $f_{Lpk}$  formuliert werden, es gilt dann:

$$m_L = dp \cdot f_{Lpk} - m_K$$

für den Korrekturfaktor  $f_{Lpk}$  gilt dann:

$$f_{Lpk} = \frac{1}{\frac{R(x2) * T(x2)}{V(x2)} - \frac{R(x1) * T(x1)}{V(x1)}} - \frac{m_R}{dp}$$

**[0031]** Der Korrekturfaktor  $f_{Lpk}$  ist eine Funktion der Gastemperatur, des Volumens, der Gaskonstanten und der Restgasmasse. Da der Korrekturfaktor  $f_{Lpk}$  nur schwer zu berechnen ist, ist es vorteilhafter, diesen Korrek-

turfaktor  $f_{Lpk}$  in einem von der Drehzahl  $n$  und der Druckdifferenz  $dp$  abhängigen Kennfeld abzulegen und damit dem Steuergerät zur Verfügung zu stellen.

**[0032]** Der Korrekturfaktor  $f_{Lpk}$  beschreibt die Auswirkung der im Motorbetrieb nicht konstanten Größen Polytropenexponent, Gaskonstante und Temperatur.

**[0033]** Eine besonders einfache und kostengünstige Lösung besteht darin, die Luftmasse nicht explizit aus der Druckdifferenz zu berechnen, sondern direkt die Zündzeitpunkte, Einspritzzeiten und Abgasrückführaten in Abhängigkeit von der Druckdifferenz und der Drehzahl abzulegen.

## 2. Lasterfassung aus Druckintegral

**[0034]** Eine zweite Möglichkeit zur Lasterfassung aus dem Brennraumdruck ist möglich, indem das Druckintegral  $I_{px}$  ausgewertet wird. Es werden dabei zwei Integrale an unterschiedlichen Stellen gebildet. Als geeignete Stützstellen sind  $x_2 = 360^\circ \text{ KW}$  und  $x_1 = 180^\circ \text{ KW}$  möglich. Es stellt dann das Integral  $I_2$  den mittleren Kompressionsdruck dar, der eine Funktion der Gasmasse ist. Von diesem Integral wird der mittlere Ansaugdruck, der aus dem Integral  $I_1$  ermittelt wird, abgezogen, er ist auch eine Funktion der Gasmasse. Es wird damit eine relative Größe erhalten, die unabhängig von Temperatur und sonstigen Effekten ist.

**[0035]** Der mittlere Ansaugdruck wird erhalten, indem ein Integral über den Druckverlauf im Ansaugtakt ermittelt wird, als Integrationsgrenzen sind beispielsweise  $360^\circ \text{ KW}-x_2$  sowie  $360^\circ \text{ KW}-x_1$  möglich. Die beiden Integrale sind in **Fig. 2** mit  $I_1$  und  $I_2$  dargestellt.

**[0036]** Die in **Fig. 2** angegebenen Stützstellen können in gewissen Bereichen variiert werden, es ist beispielsweise auch möglich,  $x_2 = 340^\circ \text{ KW}$  und  $x_1 = 300^\circ \text{ KW}$  vorzusehen. Die Grenzen für das Integral  $I_1$  sind entsprechend anzupassen. Es ist auch möglich, den Lastzustand nur aus einem Druckintegral zwischen zwei Stützstellen im Bereich des ansteigenden Druckes innerhalb der ersten  $360^\circ \text{ KW}$  zu ermitteln.

**[0037]** Weiterhin ist möglich, das Druckintegral als Summe von einem Teil der Ansaugarbeit und einem Teil der Verdichtungsarbeit zu bilden.

**[0038]** Dazu muß die Integralbildung im Volumenmaßstab durchgeführt werden und führt dann zu einer Lastkenngröße  $I_{pv}$ , die sich mit Hilfe der Volumina an den Stützstellen  $x_1$  und  $x_2$  bilden läßt. Betragen  $x_2 = 360^\circ \text{ KW}$  und  $x_1 = 180^\circ \text{ KW}$ , so ist das Integral die Summe aus Ansaugarbeit und Verdichtungsarbeit.

**[0039]** Der Zusammenhang zwischen Druckintegral und Luftmasse  $m_L$  wird wieder in einem Kennfeld bereit gestellt. Die Integralbildung hat den weiteren Vorteil, daß sie Störungen im Drucksignal kaum auf das Ergebnis auswirken, insbesondere kurzzeitige Signalsprünge durch Störquellen werden durch die Integration herausgemittelt.

**[0040]** Besonders einfach und kostengünstig ist es wiederum, die Luftmasse aus dem Druckintegral nicht explizit zu berechnen, sondern direkt die Zündzeitpunkte, Einspritzzeiten und Abgasrückführaten in Abhängigkeit von Druckintegral und Drehzahl  $n$  in Kennfeldern abzulegen.

**[0041]** Aus dem vom Brennraumdruck abhängigen Signal, bzw. den Signalen können neben der Last auch weitere Größen, die zur Regelung einer Brennkraftmaschine benötigt werden, vom Steuergerät ermittelt werden, beispielsweise die Drehzahl, die aus dem zeitlichen Abstand zweier Druckmaxima oder anderer charakteristischer Signalstellen gewonnen werden kann. Dies ist besonders im Zusammenhang mit einem Notlauf, bei ausgefallenem Drehzahlsensor sinnvoll.

## 3. Lasterfassung mittels gewichteter Summenbildung

**[0042]** Die Lasterfassung bzw. die Bestimmung der einer Brennkraftmaschine zugeführten Luftmasse kann auch durch Auswertung eines Teiles oder der gesamten Kompressionsphase durch gewichtete Summation des Kurbelwellensynchron gemessenen Druckes im Zylinder erfolgen. Diese Summe  $S$  läßt sich darstellen als

$$S = \sum_i g_i p(x_i) \quad \cdot$$

**[0043]** Die Auswertung der Summe  $S$  der bei den Kurbelwinkeln  $x_i$  gemessenen Zylinderinnendrucke  $p(x_i)$  führt zu einer hohen Genauigkeit bei der daraus ermittelbaren angesaugten Frischluftmasse, da Bereiche mit

vergleichsweise geringerer Meßgenauigkeit des Sensors, Signaleinstreuungen sowie anwendungsspezifische Einflüsse durch geeignet gewählte Gewichtungsfaktoren berücksichtigt werden bzw. unterdrückt werden können, wenn der betreffende Gewichtungsfaktor gleich Null gewählt wird.

**[0044]** Die Summation kann sich über alle im Bereich zwischen "Einlaß schließt" und "Auslaß öffnet" aufgenommenen Werte erstrecken. Dieses erweiterte Meßfenster läßt die Auswertung des Druckverlaufs während der Verbrennung und der Expansion zu, wobei durch Gewichtungsfaktoren  $g_i = 0$  nicht relevante Meßwerte oder Meßbereiche ausgeblendet werden.

**[0045]** Durch geeignet gewählte  $g_i$ -Werte läßt sich erreichen, daß aus dem Druckanstieg im Kompressionstakt die Zylinderfüllung ermittelbar ist.

**[0046]** Als Randbedingung für die Festlegung der Gewichtungsfaktoren  $g_i$  kann gesetzt werden:

$$\sum g_i = 0$$

oder:

$$g_i = i - (N - 1)/2$$

wobei N die Anzahl der Meßwerte im relevanten Meßfenster ist. Diese Randbedingung ergibt einen rechen-technisch sehr einfachen Algorithmus.

**[0047]** Mit den Bedingungen:

$$i = 1, 2$$

$$g_1 = -1/(x_2 - x_1)$$

gilt für  $g_2$ :

$$g_2 = +1/(x_2 - x_1)$$

und.

$$S_{1/2} = \frac{p_2 - p_1}{x_2 - x_1}$$

für die Summe  $S_{1/2}$  wird also gerade die nach der ersten Vorgehensweise bestimmte Lasterfassung aus der Druckdifferenz erhalten. Die Methode der Lasterfassung aus gewichteter Summenbildung ist also die Verallgemeinerung zur Methode der Lasterfassung aus der Druckdifferenz.

**[0048]** Vorteilhaft ist es wiederum, die Luftmasse nicht explizit zu berechnen, sondern Zündzeitpunkte, Einspritzzeit und -dauer und Abgasrückführrate in Abhängigkeit vom Wert der gewichteten Summe und der Drehzahl n in Kennfeldern abzulegen.

### Patentansprüche

1. Einrichtung zur Lasterfassung bei einer Brennkraftmaschine mit einem Drucksensor, der im Brennraum der Brennkraftmaschine angeordnet ist und ein vom Brennraumdruck abhängiges Ausgangssignal liefert, mit einem Kurbelwinkelsensor zur Erfassung des Kurbelwellenwinkels und einer Recheneinrichtung, die die Last aus Relativwerten des Ausgangssignals des Drucksensors bei vorgebbaren Kurbelwellenwinkeln ermittelt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Last aus der Differenz von zwei Integralwerten ermittelt wird, wobei die Integralwerte durch Integration des Ausgangssignals des Drucksensors zwischen jeweils zwei verschiedenen, vorgebbaren Kurbelwellenwinkeln bestimmt werden.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei verschiedenen vorgebbaren Integrationsbereiche so gewählt werden, dass sie in einem Kurbelwellenbereich liegen, in dem ein Druckanstieg während der Kompressionsphase erfolgt und dieser Druckanstieg ausgewertet wird.

3. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechenein-

richtung das Steuergerät der Brennkraftmaschine ist.

4. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftmasse  $m_L$  von der Recheneinrichtung aus einer Druckdifferenz oder aus einem Druckintegral unter Berücksichtigung der allgemeinen Gasgleichung ermittelt wird.

5. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Steuergerät Kennfelder abgespeichert sind, die eine Verknüpfung zwischen Last, insbesondere Luftmasse sowie Drehzahl und Druckintegral umfassen.

6. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Steuergerät aus der lastabhängigen Größe Druckintegral und aus der Drehzahl die für die Regelung der Brennkraftmaschine erforderlichen Größen wie Zündzeitpunkte, Einspritzzeiten und/oder Abgasrückführrate ermittelt werden.

7. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem vom Brennraumdruck abhängigen Ausgangssignal des Drucksensors weitere Größen zur Regelung der Brennkraftmaschine gewonnen werden, insbesondere die Drehzahl, die aus dem zeitlichen Abstand zweier Druckmaxima im Steuergerät berechnet wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

