



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**19.06.2002 Patentblatt 2002/25**

(51) Int Cl.7: **F02D 41/34, F02D 41/14**

(21) Anmeldenummer: **01123016.6**

(22) Anmeldetag: **26.09.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  

- **Damitz, Jens**  
**75428 Illingen (DE)**
- **Samuelson, Dirk, Dr.**  
**71636 Ludwigsburg (DE)**
- **Fehrmann, Ruediger, Dr.**  
**71229 Leonberg (DE)**
- **Schueler, Matthias**  
**71638 Ludwigsburg (DE)**

(30) Priorität: **16.12.2000 DE 10062895**

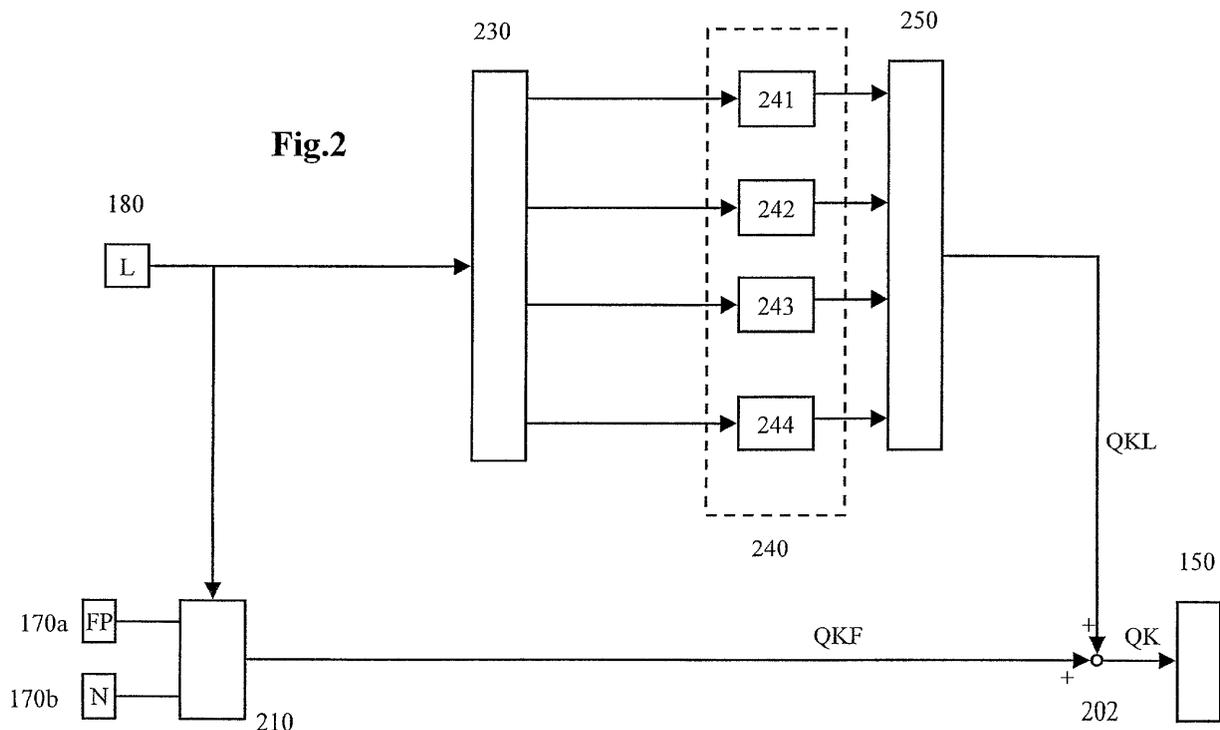
(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine**

(57) Es werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine beschrieben, bei dem jedem Zylinder der Brennkraftmaschine eine Regelabweichung und ein Regler zugeordnet ist, wobei jeder Regler ausgehend von der zugeordneten Regelabweichung ein zylinderspezifisches Ansteuersignal

vorgibt. Ausgehend von einem Signal eines im Abgastrakt angeordneten Sensors werden zylinderspezifische Istwerte ermittelt und mit einem Sollwert verglichen.

Ausgehend von dem Vergleich werden Ansteuersignale zur zylinderindividuellen Steuerung der Kraftstoff- und/oder Luftmenge vorgeben.



## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

**[0002]** Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine ist beispielsweise aus der DE 195 27 218 bekannt. Dort wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung der Laufruhe einer Brennkraftmaschine beschrieben, bei dem jedem Zylinder der Brennkraftmaschine eine Regelabweichung und ein Regler zugeordnet ist. Jeder Regler gibt, ausgehend von der zugeordneten Regelabweichung, ein zylinderspezifisches Ansteuersignal vor.

**[0003]** Ziel dieser Vorgehensweise ist es, die den einzelnen Zylindern zugemessene Kraftstoffmenge gleichzustellen. Unterschiede bei der zugemessenen Kraftstoffmenge zwischen den einzelnen Zylindern werden ausgeglichen. Dabei kann der Fall eintreten, daß, obwohl allen Zylindern die gleiche Kraftstoffmenge zugemessen wird und/oder alle Zylinder das gleiche Drehmoment zum Gesamtdrehmoment beitragen, die einzelnen Zylinder unterschiedliche Luftmengen zugemessen bekommen. Dies hat zur Folge, daß bei einzelnen Zylindern erhöhte Abgasemissionen, insbesondere Partikelemissionen, auftreten. Diese erhöhten Emissionen können beim Stand der Technik nur dadurch verringert werden, in dem die gesamte Einspritzmenge und/oder der Mittelwert der zylinderindividuellen Kraftstoffmengen soweit reduziert wird, dass die Emissionen minimiert werden. Diese Mengenreduktion führt zu einer Verringerung der Leistung der Brennkraftmaschine.

### Vorteile der Erfindung

**[0004]** Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

**[0005]** Dadurch, daß ausgehend von einem Signal eines im Abgastrakt angeordneten Sensors zylinderspezifische Istwerte ermittelt und mit einem Sollwert verglichen werden, und dass ausgehend von dem Vergleich Ansteuersignale zur zylinderindividuellen Steuerung der Kraftstoff- und/oder Luftmenge vorgebar sind, können die Abgasemissionen deutlich reduziert werden, wobei die Leistungsabgabe der Brennkraftmaschine nicht beeinträchtigt wird.

**[0006]** Vorzugsweise werden Sensoren verwendet, die ein Signal bereitstellen, das die Sauerstoffkonzentration im Abgas charakterisiert, oder ein Signal, das den Druck im Abgas charakterisiert.

**[0007]** Bevorzugt werden die Lambdawerte, das heißt die Sauerstoffkonzentrationen, aller Zylinder gleichgestellt. Als Stellgröße kann dabei sowohl die eingespritzte Kraftstoffmenge als auch die zugeführte Luftmenge, die beispielsweise mittels einer zylinderindividuellen

Abgasrückführung einstellbar ist, verwendet werden. Im folgenden wird die Vorgehensweise am Beispiel der Kraftstoffmenge beschrieben.

**[0008]** Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Vorgehensweise mit einer Laufregelung gemäß dem Stand der Technik kombiniert wird.

**[0009]** Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass eine besonders einfache Signalaufbereitung darin besteht, dass das Signal des im Abgastrakt angeordneten Sensors mit wenigstens zwei Filtermitteln mit unterschiedlichen Frequenzen filterbar ist, wobei ausgehend von dem gefilterten Signal wenigstens zwei frequenzspezifische Istwerte, ein Sollwert und frequenzspezifische Regelabweichungen bestimmbar sind.

**[0010]** Ein besonders aussagekräftiges Signal ergibt sich, wenn zur Bereitstellung der frequenzspezifischen Größen das Ausgangssignal des im Abgastrakt angeordneten Sensors mittels wenigstens zweier Bandpässe mit einstellbaren Mittenfrequenzen filterbar ist, wobei die Mittenfrequenzen bei ganzzahligen Vielfachen der Nockenwellenfrequenz liegen.

**[0011]** Von besonderer Bedeutung sind weiterhin die Realisierungen in Form eines Computerprogramms mit Programmcode-Mitteln und in Form eines Computerprogrammprodukts mit Programmcode-Mitteln. Das erfindungsgemäße Computerprogramm weist Programmcode-Mittel auf, um alle Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer, insbesondere einem Steuergerät für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, ausgeführt wird. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein in dem Steuergerät abgespeichertes Programm realisiert, so dass dieses mit dem Programm versehene Steuergerät in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt weist Programmcode-Mittel auf, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, wenn das Programmprodukt auf einem Computer, insbesondere einem Steuergerät für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs ausgeführt wird. In diesem Fall wird also die Erfindung durch einen Datenträger realisiert, so dass das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt werden kann, wenn das Programmprodukt bzw. der Datenträger in ein Steuergerät für eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs integriert wird. Als Datenträger bzw. als Computerprogrammprodukt kann insbesondere ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, beispielsweise ein Read-Only-Memory (ROM), ein EPROM oder auch ein elektrischer Permanent Speicher wie beispielsweise eine CD-ROM oder DVD.

**[0012]** Vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

**[0013]** Die erfindungsgemäße Vorgehensweise wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten

Ausführungsform erläutert. Es zeigen Figur 1 ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen Vorrichtung, Figur 2 eine detaillierte Darstellung, Figur 3 eine Darstellung der Soll- und Istwertbildung.

**[0014]** Im folgenden wird die erfindungsgemäße Vorgehensweise am Beispiel einer selbstzündenden Brennkraftmaschine mit Abgasturbolader und 4 Zylindern beschrieben. Die Erfindung ist aber nicht auf selbstzündende Brennkraftmaschinen beschränkt. Sie kann auch bei anderen Typen von Brennkraftmaschinen eingesetzt werden. In diesem Fall sind entsprechende Bauteile auszutauschen. Insbesondere kann die Erfindung auch bei Brennkraftmaschinen mit anderer Zylinderzahl und/oder bei Brennkraftmaschinen ohne Abgasturbolader eingesetzt werden.

**[0015]** In Figur 1 ist die Brennkraftmaschine mit 100 gekennzeichnet. Ihr wird Luft über eine Frischluftleitung 118, einen Verdichter 115 und eine Ansaugleitung 110 zugeführt. Die Abgase der Brennkraftmaschine gelangen über eine Abgasleitung 120 und eine Turbine 125 in eine Auspuffleitung 128. Die Turbine 125 treibt den Verdichter 115 über eine nicht dargestellte Welle an.

**[0016]** Der Brennkraftmaschine ist eine mengenbestimmende Stelleinrichtung 150 zugeordnet. Über dieses wird der Brennkraftmaschine Kraftstoff zugeführt. Dabei kann jedem Zylinder eine individuelle Kraftstoffmenge zugemessen werden. Dies ist in Figur 1 dadurch dargestellt, daß jedem Zylinder ein mengenbestimmendes Stellelement 151 bis 154 zugeordnet ist. Die einzelnen Stellelemente 151 bis 154 werden von einer Steuereinheit 160 mit Ansteuersignalen beaufschlagt. Bei den Stellelementen 151 bis 154 handelt es sich beispielsweise um Magnetventile oder Piezoaktoren, die die Kraftstoffzumessung in den jeweiligen Zylinder steuern. Dabei kann vorgesehen sein, daß pro Zylinder ein Injektor, eine Verteilerpumpe oder ein anderes die eingespritzte Kraftstoffmenge bestimmendes Element, die den Zylindern abwechselnd Kraftstoff zumißt, vorgesehen ist.

**[0017]** Die Steuereinheit 160 beaufschlagt ferner ein weiteres Stellglied 155, das die Frischluftmenge, die der Brennkraftmaschine zugeführt wird, beeinflußt. Bei einer vereinfachten Ausführungsform kann dieses Stellglied 155 auch weggelassen werden. Desweiteren verarbeitet die Steuereinheit 160 die Ausgangssignale verschiedener Sensoren 170, die beispielsweise die Umgebungsbedingungen wie z.B. Temperatur- und Druckwerte sowie den Fahrerwunsch charakterisiert.

**[0018]** Desweiteren verarbeitet die Steuereinheit 170 Signale von Sensoren 180, die die Abgaszusammensetzung oder den Druck und/oder die Temperatur im Abgas charakterisieren. Dieser Sensor ist vorzugsweise zwischen der Brennkraftmaschine und der Turbine 125 angeordnet. Alternativ oder ergänzend kann der Sensor 185 auch nach der Turbine in der Auspuffleitung angeordnet sein.

**[0019]** Die Sensoren 180 bzw. 185 erfassen bevorzugt ein Signal, das die Sauerstoffkonzentration im Ab-

gas charakterisiert. Alternativ und/oder ergänzend kann auch vorgesehen sein, daß der Druck in der Abgasleitung vor oder hinter der Turbine ausgewertet wird.

**[0020]** Diese Einrichtung arbeitet nun wie folgt. Die Frischluft wird von dem Verdichter 115 verdichtet und gelangt über die Ansaugleitung 110 in die Brennkraftmaschine. Der Brennkraftmaschine wird über die mengenbestimmende Stelleinrichtung 150 Kraftstoff zuge-  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

gemessen. Dabei wird jedem Zylinder abhängig von dem Ansteuersignal der Steuereinheit 160 eine zylinderindividuelle Kraftstoffmenge zugeführt. Die Abgase gelangen über die Abgasleitung zur Turbine, treiben diese an und gelangen dann über die Auspuffleitung 128 in die Umgebung. Die Turbine 125 treibt dabei den Verdichter 115 über eine nicht dargestellte Welle an.  
**[0021]** Die Steuereinheit 160 berechnet, ausgehend von den verschiedenen Eingangssignalen, insbesondere dem Fahrerwunsch, die Ansteuersignale zur Beaufschlagung der Stellelemente 151 bis 154. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist zusätzlich eine Stelleinrichtung 155 vorgesehen, die die Luftzufuhr zur Brennkraftmaschine steuert. Hierbei kann es sich vorzugsweise um eine Abgasrückführeinrichtung handeln, die die Menge an rückgeführtem Abgas bestimmt. Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der die dem einzelnen Zylinder zugeführte Luftmenge beeinflußt wird. Dies ist beispielsweise durch eine Ventilsteuerung der Ein- und Auslaßventile möglich.

**[0022]** Die Ermittlung der Ansteuersignale für die Stellelemente 151 bis 155 ist in Figur 2 detaillierter dargestellt. Dabei ist insbesondere die Berechnung der Kraftstoffmenge QK dargestellt. Bei der Berechnung der Luftmenge kann entsprechend vorgegangen werden.

**[0023]** Bereits in Figur 1 beschriebene Elemente sind mit entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet. Das Stellelement 150 wird mit dem Ausgangssignal QK eines Additionspunktes 202 beaufschlagt. An dem ersten Eingang des Additionspunktes 202 liegt das Ausgangssignal QKF einer Mengenvorgabe 210 an. An dem zweiten Eingang des Additionspunktes 2 liegt das Ausgangssignal QKL eines Multiplexers 250 an.

**[0024]** Die Mengenvorgabe 210 verarbeitet das Ausgangssignal verschiedener Sensoren, wie beispielsweise eines Fahrpedalstellungsgebers 170a sowie eines Drehzahlgebers 170b. Desweiteren kann vorgesehen sein, daß die Mengenvorgabe 210 das Ausgangssignal L eines Sensors 180 verarbeitet. Das Ausgangssignal L des Sensors 180 entspricht der Sauerstoffkonzentration im Abgastrakt.

**[0025]** Das Signal L des Sensors 180 gelangt ferner zu einer Filtereinrichtung 230, die wiederum einen ersten Regler 241, einen zweiten Regler 242, einen dritten Regler 243 und einen vierten Regler 244 mit einem Signal beaufschlagt, das einer Regelabweichung entspricht. Insgesamt werden die Regler 241 bis 244 als Regler 240 bezeichnet. Die einzelnen Regler beaufschlagen wiederum den Multiplexer 250 mit Ansteuersignalen, die dann zyklisch als Signal QKL zum Additi-

onspunkt 202 gelangen.

**[0026]** Ausgehend von den verschiedenen Sensorsignalen bestimmt die Mengenvorgabe 210 eine einzuspritzende Kraftstoffmenge QKF, die der Brennkraftmaschine zuzuführen ist. Diese Menge QKF entspricht der Menge, die erforderlich ist, um das vom Fahrer gewünschte Drehmoment bereitzustellen. Dabei beinhaltet die Mengensteuerung 210 noch weitere Funktionen, wie beispielsweise einen Leerlaufregler oder Mengeneingriffe von weiteren Steuereinheiten. Desweiteren kann die Mengenvorgabe 210 bereits eine Laufruheregung, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist, umfassen. Ferner ist es möglich, daß eine nicht zylinderindividuelle Mengenvorgabe auch ein Lambda-Signal berücksichtigt, das die Sauerstoffkonzentration im Abgas charakterisiert.

**[0027]** Luftmengenfehler, d.h. Abweichungen zwischen den Luftmengen, die den einzelnen Zylindern zugeführt werden, werden von der Mengenvorgabe 210 nicht berücksichtigt. Unterschiedliche Lambda-Werte der einzelnen Zylinder führen zu Schwankungen des Lambda-Signals. Diese werden erfaßt und zur zylinderindividuellen Regelung verwendet. Die Filtereinrichtung 230 berechnet aus dem Lambda-Signal L, das mit dem Sensor 180 erfaßt wird, eine zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem zylinderindividuellen Soll- und Istwert für das Lambda-Signal. Diese zylinderindividuelle Regelabweichung wird dem jeweiligen Regler, der dem Zylinder zugeordnet ist, zugeführt. Dabei kann vorgesehen sein, daß für jeden Zylinder ein Regler vorgesehen ist. Alternativ ist es auch möglich, daß ein Regler zeitlich nacheinander die zylinderindividuellen Regelabweichungen verarbeitet. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Erfindung als Steuerprogramm realisiert ist. Der Multiplexer 250 faßt diese Signale zusammen zu einem Signal QKL, das die Abweichungen der einzelnen Lambda-Signale von einem Sollwert charakterisiert. Dieses Signal ist so ausgebildet, daß bei der Ansteuerung der Stelleinrichtung 150 eine solche Kraftstoffmenge zugemessen wird, daß das Lambda-Signal bei allen Zylindern den gleichen Wert annimmt.

**[0028]** Mit Hilfe der zylinderindividuellen Lambda-Regelung können durch Eingriffe in die Luftmessung auch Luftmengenfehler kompensiert werden, die zwischen den einzelnen Zylindern auftreten, d.h. die Abgase aller Zylinder besitzen die gleiche Sauerstoffkonzentration. Im Vergleich zu üblichen Mengenausgleichsregelungen gemäß dem Stand der Technik können die Abgaswerte der Brennkraftmaschine deutlich verbessert werden. Dies ist insbesondere bei niederen Drehzahlen und großen Einspritzmengen von Vorteil. Schon kleine Abweichungen des Lambda-Werts, d.h. der Sauerstoffkonzentration im Abgas eines Zylinders in Richtung eines fetteren Gemisches, führen zu einem starken Anstieg der Rußemissionen in diesem Zylinder. Diese erhöhte Rußemission wird nicht durch die etwas geringere Rußentstehung in einem Zylinder mit entsprechend magerem Gemisch ausgeglichen. Mit einer zylinderindividuellen

ellen Lambda-Regelung kann somit bei gleichem Motormoment eine niedrigere Schwärzungszahl erzielt werden. Alternativ läßt sich bei gleicher Schwärzungszahl das abgegebene Moment erhöhen. Das beruht darauf, daß bei einem System ohne zylinderindividuelle Lambda-Regelung die Kraftstoffmenge und damit das abgegebene Moment so weit erniedrigt werden muß, daß die Rußmenge unterhalb eines bestimmten Wertes liegt.

**[0029]** Insbesondere Brennkraftmaschinen, die mit einem Turbolader, d.h. einem für Verdichter und einer Turbine ausgestattet sind, sind die Anforderungen an die Signalaufbereitung des Lambda-Signals besonders hoch, da die auszuwertende Signalamplitude bei einer Verwendung einer Lambda-Sonde nach der Turbine sehr klein ist.

**[0030]** Bei der Anordnung der Lambda-Sonde stehen zwei Alternativen zur Verfügung. Bei einer ersten Alternative ist die Lambda-Sonde vor der Turbine angeordnet. Dies bietet den Vorteil, daß noch keine Vermischung der zylinderindividuellen Abgasströme durch die Turbine stattgefunden hat. Jedoch werden in diesem Bereich durch das Öffnen der Auslaßventile starke Druckschwingungen angeregt. Diese kompensieren teilweise die durch die zylinderindividuellen Lambda-Unterschiede angeregten Schwingungen auf dem Sondersignal. Dies beruht auf der im folgenden beschriebenen Wirkungsweise. Wird in einem Zylinder eine höhere Einspritzmenge eingespritzt, so sinkt der dazugehörige Restsauerstoffgehalt im Abgas und damit die Ausgangsspannung der Lambda-Sonde. Gleichzeitig ergibt sich aus der stärkeren Verbrennung ein höherer Druck bei der Öffnung des Auslaßventils. Durch eine positive Querkopplung zwischen Druck und Sondersignal erhöht der Druckanstieg das Sensorsignal und wirkt der eigentlichen Sauerstoffänderung entgegen. Dadurch ist die meßbare Signalamplitude deutlich kleiner als anhand der reinen Sauerstoffschwingung erwartet würde. Nachteilig ist ferner, daß eine zusätzliche Sonde benötigt wird.

**[0031]** Bei der zweiten Alternative wird die Lambda-Sonde hinter der Turbine angeordnet. Vorteilhaft hierbei ist, daß die Störampplitude der durch die Verbrennung verursachten Druckschwingungen im Abgasstrang kleiner ist. Nachteilig wirkt sich jedoch die Vermischung der zylinderindividuellen Abgasströme durch die Turbine aus. Dies reduziert auch bei dieser Anordnung der Sonde die Amplitude der zu messenden Sauerstoffschwingungen.

**[0032]** Da sowohl beim Einsatz der Alternative 1 als auch bei der Alternative 2 das auszuwertende Signal eine deutlich kleinere Nutzamplitude aufweist als bei Brennkraftmaschinen ohne Turbolader, ist eine verbesserte Signalaufbereitung zur Störungsunterdrückung, insbesondere bei Brennkraftmaschinen mit Turbolader, von Vorteil.

**[0033]** Als besonders gravierende Störung ist die Heizfrequenz der Lambda-Sonde zu nennen. Deren

Störampplitude ist etwa so groß, wie die durch die zylinderindividuellen Lambda-Unterschiede verursachten Schwingungen. Diese Schwingungen können durch eine schnelle Signalvorverarbeitung kompensiert werden.

**[0034]** In Figur 3 ist die Regelabweichungsberechnung 230 detaillierter dargestellt. Bereits in Figur 2 beschriebene Elemente sind in Figur 3 mit entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet. Das Ausgangssignal des Sensors 180 gelangt über einen Vorfilter 300 zu einem ersten Filter 310 und einem zweiten Filter 320. Das Ausgangssignal des ersten Filters 310 gelangt zu einer ersten Sollwertermittlung 312 und einer ersten Istwertermittlung 314. Das Ausgangssignal des zweiten Filters 320 gelangt zu einer zweiten Sollwertermittlung 322 und einer zweiten Istwertermittlung 324.

**[0035]** Das Ausgangssignal NWS der ersten Sollwertermittlung 312 gelangt mit positiven Vorzeichen und das Ausgangssignal NWI der ersten Istwertermittlung 314 mit negativen Vorzeichen zu einem Verknüpfungspunkt 316. Im folgenden Verknüpfungspunkt 318 wird das Ausgangssignal des Verknüpfungspunktes 316 mit einem Wichtungsfaktor FNW verknüpft. Die so gewichtete erste Regelabweichung NWL gelangt zu einem Additionspunkt 340 und von dort zum Block 240.

**[0036]** Das Ausgangssignal KWS der zweiten Sollwertermittlung 322 gelangt mit positiven Vorzeichen und das Ausgangssignal KWI der zweiten Istwertermittlung 324 mit negativen Vorzeichen zu einem Verknüpfungspunkt 326. Im folgenden Verknüpfungspunkt 328 wird das Ausgangssignal des Verknüpfungspunktes 326 mit einem Wichtungsfaktor FKW verknüpft. Die so gewichtete zweite Regelabweichung KWL gelangt zu dem Additionspunkt 340

**[0037]** Der Wichtungsfaktor FNW und der Wichtungsfaktor FKW werden von der Wichtungsvorgabe 330 bereitgestellt.

**[0038]** Am Ausgang des Additionspunktes 340 steht die Regelabweichung L zur Verfügung, die zum Regler 240 weitergeleitet wird.

**[0039]** Bei den Verknüpfungspunkten 318 und 328 handelt es sich um eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung. Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß die Faktoren FNW und/oder FKW andersweitig, beispielsweise in den Filtern 310 oder 320, berücksichtigt bzw. nicht berücksichtigt werden.

**[0040]** Bei der dargestellten Ausführungsform einer Brennkraftmaschine mit 4 Zylindern sind lediglich zwei Filter vorgesehen, die Signalanteile mit Nockenwellen- und Kurbelwellenfrequenz ausfiltern. Bei vorteilhaften Ausgestaltungen kann auch vorgesehen sein, daß weitere Frequenzbereiche berücksichtigt werden. Insbesondere kann auch vorgesehen sein, dass Filter vorgesehen ist, das die Frequenzen bis einschließlich der halben Zündfrequenz ausfiltern.

**[0041]** Bei der dargestellten Ausführungsform einer Brennkraftmaschine mit vier Zylindern handelt es sich bei den Filtern 310 und 320 um Bandpaßfilter, deren Mit-

tenfrequenz beim Filter 310 bei der Nockenwellenfrequenz und beim Filter 320, bei der Kurbelwellenfrequenz liegt.

**[0042]** Bei anderen Zylinderzahlen sind gegebenenfalls andere Bandpässe vorzusehen. So sind beispielsweise bei einer Brennkraftmaschine mit vier oder fünf Zylindern ein Bandpaß mit der Nockenwellenfrequenz und ein Bandpaß mit der doppelten Nockenwellenfrequenz, die der Kurbelwellenfrequenz entspricht vorzusehen.

**[0043]** Bei einer Brennkraftmaschine mit  $2 \cdot k$  Zylindern, wobei  $k$  eine natürliche Zahl ist, sind  $k$  Bandpässe vorzusehen, den Mittenfrequenzen bei einem ganzzahligen Vielfachen der Nockenwellenfrequenz liegen.

**[0044]** Das Ausgangssignal des Sensors 180 gelangt über den Vorfilter 300 zu den Bandpässen 310 und 320. Dieser Vorfilter 300 ist derart ausgebildet, dass er unerwünschte Störungen ausfiltert. Vorzugsweise ist der Vorfilter 300 derart ausgebildet, dass er Schwingungen des Signals, die durch die Sondenheizung verursacht werden, nicht durchlässt.

**[0045]** Mittels der Bandpässe 310 und 320 wird das Ausgangssignal des Sensors 180 in Spektralanteile getrennt. Für jeden Spektralanteil ermitteln die ersten, zweiten und dritten Istwertermittlung und die ersten, zweiten und dritten Sollwertermittlung frequenzspezifische Soll- und Istwerte. Die Berechnung der Soll- und Istwerte erfolgt für die einzelnen Spektralanteile vorzugsweise unterschiedlich.

**[0046]** Mittels der Bandpässe 310 und 320 wird das SONDENSIGNAL für die einzelnen Frequenzen getrennt. Für jede Frequenz berechnet die erste Istwertermittlung 314 und die zweite Istwertermittlung 324 einen frequenzspezifischen Istwert. Entsprechend kann vorgesehen sein, daß für jede Frequenz die erste Sollwertvorgabe 312 und die zweite Sollwertvorgabe 320 einen frequenzspezifischen Sollwert berechnet. In den Verknüpfungspunkten 316 und 326 wird dann die frequenzspezifische Regelabweichung ermittelt.

**[0047]** Besonders vorteilhaft ist, wenn diese frequenzspezifischen Regelabweichungen mittels frequenzspezifischen Wichtungsfaktoren NW und FKW frequenzspezifisch wichtbar sind. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Wichtungsfaktoren FNW und FKW so gewählt werden, daß die Regelkreisverstärkung für alle Frequenzen gleich eingestellt wird. Dadurch kann eine frequenzspezifische Anpassung der Reglerparameter erzielt werden.

**[0048]** Die so gewichteten bzw. nicht gewichteten Regelabweichungen NWL und KWL werden im Verknüpfungspunkt 340 addiert und dem Regler zugeführt. Der Regler entspricht dem in Figur 1 dargestellten Regler 240.

**[0049]** Besonders vorteilhaft bei dieser Vorgehensweise ist, daß die Regelbarkeit auch bei großen Unterschieden in der Phasenlage gegeben ist. Durch die frequenzspezifische Bildung der Regelabweichung ergibt sich eine erhöhte Robustheit des Reglers gegenüber

Änderungen des Regelstreckenverhaltens, z.B. durch Veränderung im Bereich des Luftsystems, insbesondere im Bereich der Einlassventile, Fertigungstoleranzen oder Verschleiß.

**[0050]** Alternativ zur Auswertung des Lambda-Signals kann auch ein Drucksensor verwendet werden, der den Druck vor bzw. hinter der Turbine auswertet. 5

## Patentansprüche 10

1. Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, bei dem jedem Zylinder der Brennkraftmaschine eine Regelabweichung und ein Regler zugeordnet ist, wobei jeder Regler ausgehend von der zugeordneten Regelabweichung ein zylinderspezifisches Ansteuersignal vorgibt, **dadurch gekennzeichnet, daß** ausgehend von einem Signal eines im Abgastrakt angeordneten Sensors zylinderspezifische Istwerte ermittelt und mit einem Sollwert verglichen werden, und dass ausgehend von dem Vergleich Ansteuersignale zur zylinderindividuellen Steuerung der Kraftstoff- und/oder Luftmenge vorgebar sind. 15 20

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Signal des im Abgastrakt angeordneten Sensors mit wenigstens zwei Filtermitteln mit unterschiedlichen Frequenzen filterbar ist, wobei ausgehend von dem gefilterten Signal wenigstens zwei frequenzspezifische Istwerte, ein Sollwert und frequenzspezifische Regelabweichungen bestimmbar sind. 25 30

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Bereitstellung der frequenzspezifischen Größen das Ausgangssignal des im Abgastrakt angeordneten Sensors mittels wenigstens zweier Bandpässe mit einstellbaren Mittenfrequenzen filterbar ist. 35 40

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Mittenfrequenzen bei ganzzahligen Vielfachen der Nockenwellenfrequenz liegen. 45

5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** für jede Frequenz die Istwerte und/oder die Sollwerte unterschiedlich vorgebar sind. 50

6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** für jede Frequenz die Regelabweichungen unterschiedlich wichtbar sind. 55

7. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

**daß** der im Abgastrakt angeordneten Sensors ein Signal, das die Sauerstoffkonzentration im Abgas charakterisiert, oder ein Signal, das den Druck im Abgas charakterisiert, liefert.

8. Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, bei dem jedem Zylinder der Brennkraftmaschine eine Regelabweichung und ein Regler zugeordnet ist, wobei jeder Regler ausgehend von der zugeordneten Regelabweichung ein zylinderspezifisches Ansteuersignal vorgibt, **dadurch gekennzeichnet, daß** Mittel vorgesehen sind, die ausgehend von einem Signal eines im Abgastrakt angeordneten Sensors zylinderspezifische Istwerte ermitteln und mit einem Sollwert vergleichen, und die ausgehend von dem Vergleich Ansteuersignale zur zylinderindividuellen Steuerung der Kraftstoff- und/oder Luftmenge vorgeben.

9. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle Schritte von jedem beliebigen der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer, insbesondere einem Steuergerät für eine Brennkraftmaschine, ausgeführt wird.

10. Computerprogrammprodukt mit Programmcode-Mitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um das Verfahren nach jedem beliebigen der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen, wenn das Programmprodukt auf einem Computer, insbesondere einem Steuergerät für eine Brennkraftmaschine, ausgeführt wird.

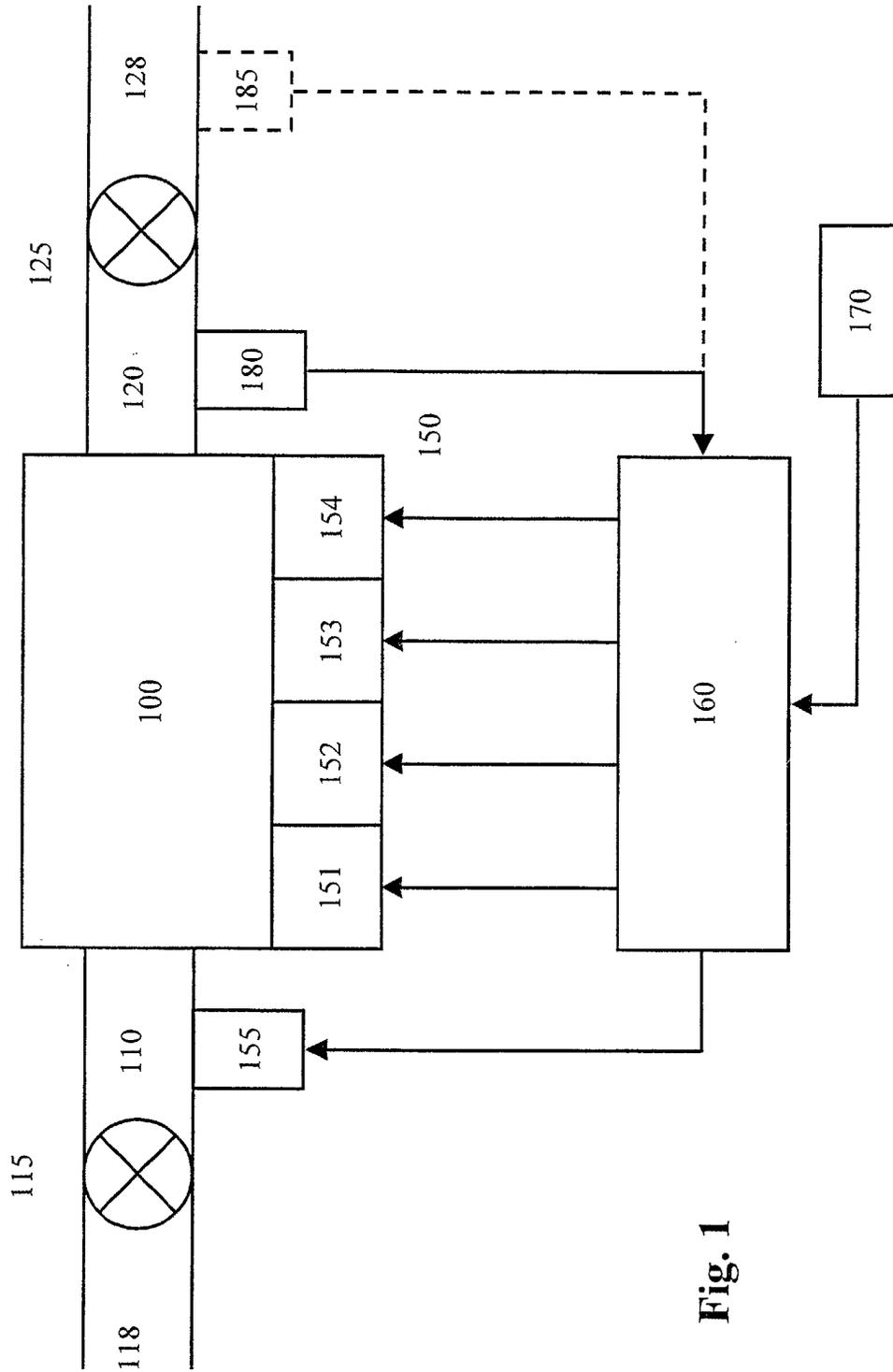
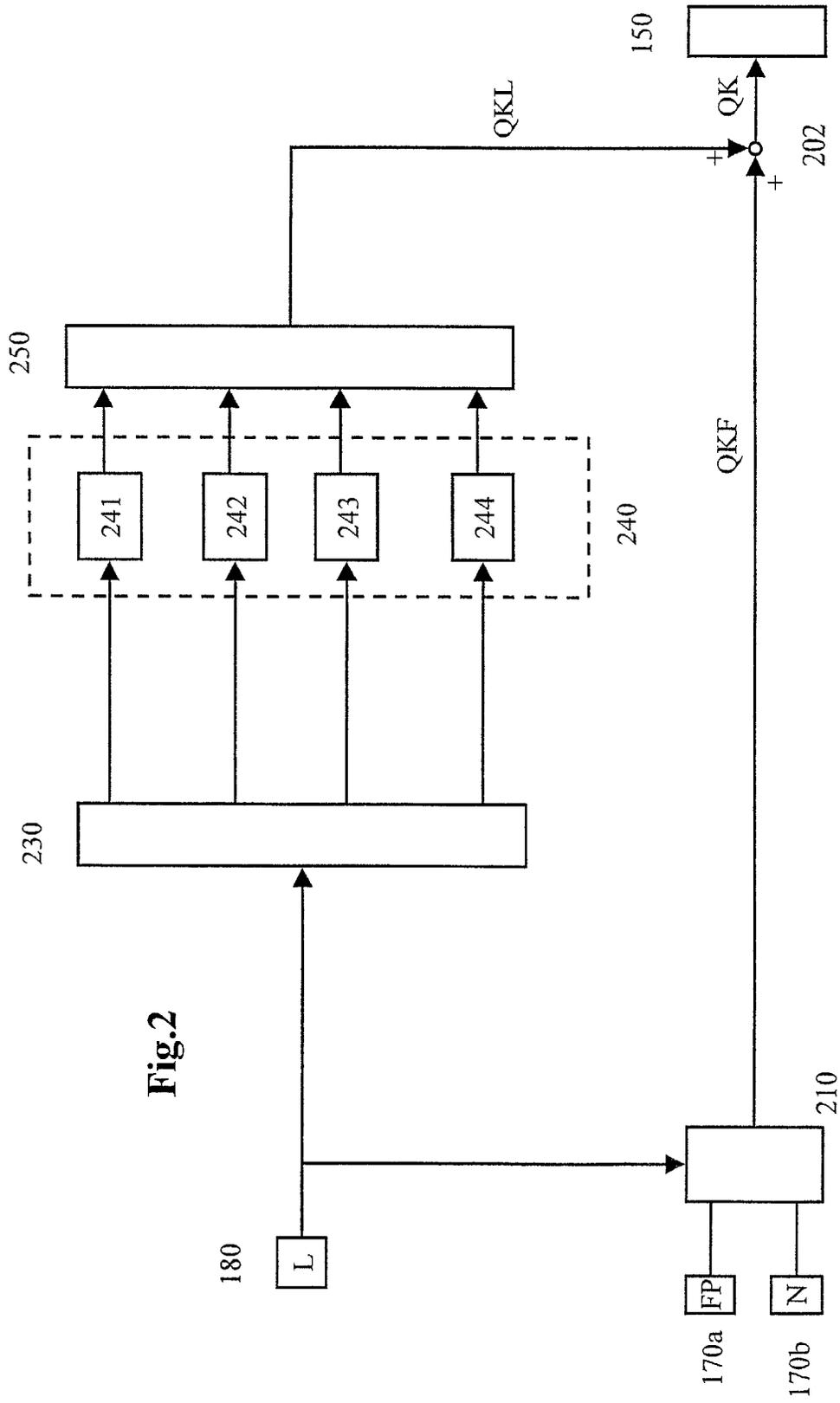


Fig. 1



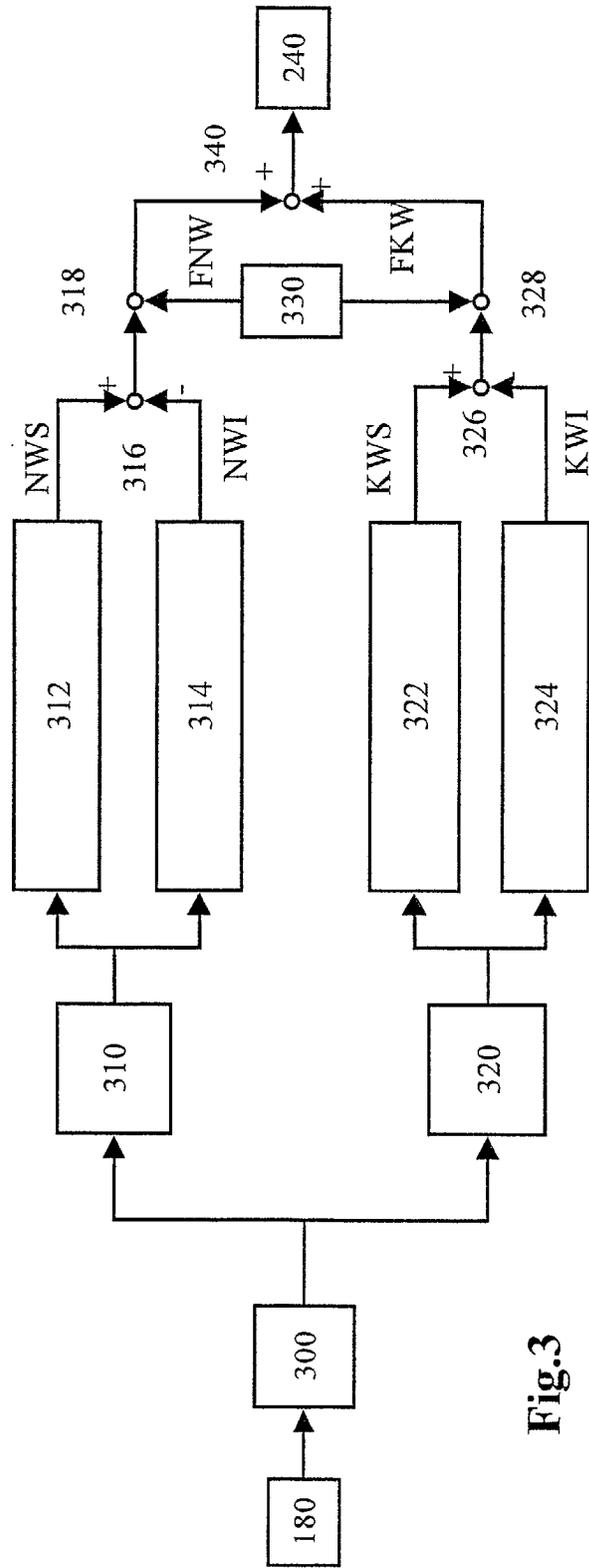


Fig.3