



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 015 909 B3** 2009.12.03

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 015 909.3**

(22) Anmeldetag: **27.03.2008**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **03.12.2009**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 41/00** (2006.01)

F02D 41/22 (2006.01)

F02D 41/18 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Continental Automotive GmbH, 30165 Hannover, DE

(72) Erfinder:

Burkhardt, Thomas, Dr., 93073 Neutraubling, DE;
Dingl, Jürgen, 93055 Regensburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 10 2007 023850 B3

DE 10 2005 019807 A1

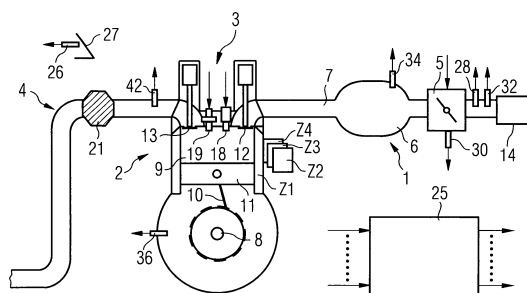
EP 17 15 352 A2

EP 08 20 559 B1

EP 08 86 725 B1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Es werden Messwerte (LOAD_MES) und anhand einer Zuordnungsvorschrift Modellwerte (LOAD_MDL) einer ersten Betriebsgröße in unterschiedlichen Betriebspunkten (BP) ermittelt abhängig von zumindest einer zweiten Betriebsgröße der Brennkraftmaschine. Zumindest ein Parameter der Zuordnungsvorschrift wird so angepasst, dass sich die Modellwerte (LOAD_MDL) der ersten Betriebsgröße an die entsprechenden Messwerte (LOAD_MES) der ersten Betriebsgröße zumindest annähern. Werte (PAR) der Parametervertrimmung, die repräsentativ sind für das Anpassen des Parameters der Zuordnungsvorschrift, werden zugeordnet zu den entsprechenden Betriebspunkten (BP) gespeichert. Für einen vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) werden abhängig von den gespeicherten Werten (PAR) der Parametervertrimmung bei den unterschiedlichen Betriebspunkten (BP) Werte (CHAR_VAL) zumindest einer für den vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) charakteristischen Größe ermittelt. Zu den ermittelten Werten (CHAR_VAL) der charakteristischen Größe wird ein Mittelwert (M_VAL) ermittelt. Falls der Betrag einer Abweichung (M_DIF) des Mittelwerts (M_VAL) von einem vorgegebenen Referenzwert (REF_VAL) der entsprechenden charakteristischen Größe für einen fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert (M_THD) ist, wird der vorgegebene mögliche Fehler (ERR_SUP) als unwahrscheinlich ausgeschlossen. Falls der Betrag der Abweichung (M_DIF) des Mittelwerts (M_VAL) von dem vorgegebenen ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Während eines Betriebs der Brennkraftmaschine werden Messwerte einer ersten Betriebsgröße der Brennkraftmaschine in unterschiedlichen Betriebspunkten der Brennkraftmaschine erfasst. Ferner werden anhand einer Zuordnungsvorschrift Modellwerte der ersten Betriebsgröße bei den unterschiedlichen Betriebspunkten ermittelt abhängig von zumindest einer zweiten Betriebsgröße der Brennkraftmaschine.

[0002] Bei einer Brennkraftmaschine wird regelmäßig zumindest eine Zuordnungsvorschrift verwendet, um abhängig von einer Betriebsgröße der Brennkraftmaschine eine andere Betriebsgröße der Brennkraftmaschine zu ermitteln. Eine derartige Zuordnungsvorschrift ist beispielsweise das Saugrohrmodell. Das Saugrohrmodell ermöglicht abhängig von wenigen Eingangsgrößen, beispielsweise einem Öffnungsgrad einer Drosselklappe der Brennkraftmaschine mehrere Ausgangsgrößen zu ermitteln, beispielsweise einen Luftmassenstrom in einen Zylinder der Brennkraftmaschine und/oder einen Saugrohrdruck in einem Saugrohr der Brennkraftmaschine. Das Saugrohrmodell wird regelmäßig an einem Motorprüfstand anhand eines oder mehrerer Referenzmotoren und/oder mit Versuchsfahrzeugen mit entsprechenden Referenzmotoren parametrisiert. Da Brennkraftmaschinen trotz gleicher Bauart aufgrund von Fertigungstoleranzen und/oder Verschleiß geringfügig unterschiedlich sind, wird das Saugrohrmodell während des Betriebs der Brennkraftmaschine vorzugsweise angepasst, um diese geringfügigen Unterschiede auszugleichen. Dazu wird während des Betriebs der Brennkraftmaschine regelmäßig ein Parameter der Zuordnungsvorschrift, insbesondere des Saugrohrmodells, mittels einer Parametervertrimmung automatisch vertrimmt, und zwar so, dass sich Modellwerte einer der Ausgangsgrößen, beispielsweise Modellwerte des Saugrohrdrucks, an Messwerte der entsprechenden Ausgangsgröße, beispielsweise an Messwerte des Saugrohrdrucks, annähern. Der Messwert des Saugrohrdrucks wird dann vorzugsweise mittels eines Saugrohrdrucksensors erfasst. Die Parametervertrimmung wirkt sich auch auf andere Ausgangsgrößen des Saugrohrmodells aus, wobei ein Abgleich dieser Ausgangsgrößen mit Messwerten der entsprechenden Ausgangsgröße nicht zwingend nötig ist.

[0003] Solche Saugrohrmodelle sind beispielsweise in den Patentschriften EP 0 820 559 B1 und EP 0 886 725 B1 beschrieben.

[0004] In der DE 10 2005 019 807 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Lokalisation von fehlerbehafteten Komponenten oder Leckagen im Ansaugtrakt einer Brennkraftmaschine beschrieben.

Die Detektion einer fehlerbehafteten Komponente oder Leckage erfolgt durch einen Vergleich zwischen der mit einem Luftmassensensor oder Saugrohrabsolutdrucksensor ermittelten Last der Brennkraftmaschine und der anhand der Stellung einer Drosselklappe ermittelten Last. Die Last der Brennkraftmaschine wird über die Position der Drosselklappe bestimmt und die Lokalisation anhand eines Vergleiches des mit einer Lambda-Sonde in einem Abgastrakt der Brennkraftmaschine gemessenen Wertes und eines Lambda-Soll-Wertes. Zur Eingrenzung der fehlerbehafteten Komponente oder Leckage wird ein Vergleich zwischen der mit dem Luftmassensensor gemessenen Luftmasse und der anhand der Messwerte des Saugrohrabsolutdrucksensors berechneten Luftmasse durchgeführt.

[0005] Aus der EP 1 715 352 A2 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Fehlerdiagnose eines mechatronischen Systems bekannt. Dabei werden auf Basis der Analyse vorhandener Regelungsstrukturen Residuensignale aus den Regelungsstrukturen gewonnen und es folgen eine Fehleranalyse, eine Fehlerparametrierung und eine Fehlerselektion. Zur Fehlerdiagnose wird dabei eine in das Regelungssystem eingebettete Modellfolgeregulation betrachtet, wobei die Fehlerdiagnose auf Basis wenigstens eines Schätzwertes, der aus dem in der Modellfolgeregulation enthaltenen Modell der Regelstrecke abgeleitet wird, erfolgt. Vorzugsweise wird zur Fehlerdiagnose die Differenz einer Schätzung der Führungsgröße, die aus dem in der Modellfolgeregulation enthaltenen Modell der Regelstrecke abgeleitet wird und des Ist-Wertes der Regelgröße ausgewertet.

[0006] In der nachveröffentlichten DE 10 2007 023 850 B3 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine beschrieben. Bei einer aktiven Saugrohrmodelltrimmung werden bei unterschiedlichen stationären Drosselklappendruckverhältnissen, die für einen Unterschied zwischen einem Saugrohrdruck stromaufwärts der Drosselklappe und stromabwärts der Drosselklappe repräsentativ sind, Istwerte einer Lastgröße mittels eines Lastsensors erfasst und Schätzwerte der Lastgröße anhand eines Saugrohrmodells modelliert. Abhängig von den erfassten Istwerten und den modellierten Schätzwerten der Lastgröße werden Trimmwerte zumindest eines Modellparameters des Saugrohrmodells so ermittelt, dass sich durch Trimmen des entsprechenden Modellparameters abhängig von den Trimmwerten die modellierten Schätzwerte der Lastgröße an die entsprechenden erfassten Istwerte der Lastgröße annähern. Eine Trimmwertausgleichsfunktion wird in Abhängigkeit zu den unterschiedlichen Drosselklappendruckverhältnissen ermittelt, die durch die Trimmwerte approximiert wird. Ferner werden bei unterschiedlichen stationären Drosselklappendruckverhältnissen erste Reglerwerte von ersten Reglerausschlägen eines Lambda-reg-

lers erfasst. Eine erste Reglerwertausgleichsfunktion wird in Abhängigkeit zu den Drosselklappendruckverhältnissen ermittelt, die durch die ersten Reglerwerte approximiert wird. Bei nicht aktiver Saugrohrmodelltrimmung werden bei unterschiedlichen stationären Drosselklappendruckverhältnissen zweite Reglerwerte von zweiten Reglerausschlägen des Lambda-reglers erfasst. Eine zweite Reglerwertausgleichsfunktion wird in Abhängigkeit zu den Drosselklappendruckverhältnissen ermittelt, die durch die zweiten Reglerwerte approximiert wird. Abhängig von den Ausgleichsfunktionen wird ein Fehler des Ansaugtrakts erkannt.

[0007] Die Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, ist, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine zu schaffen, die dazu beitragen, einen wahrscheinlich vorliegenden Fehler der Brennkraftmaschine einfach zu erkennen.

[0008] Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0009] Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Während eines Betriebs der Brennkraftmaschine werden Messwerte einer ersten Betriebsgröße der Brennkraftmaschine in unterschiedlichen Betriebspunkten erfasst. Anhand einer Zuordnungsvorschrift werden Modellwerte der ersten Betriebsgröße bei den unterschiedlichen Betriebspunkten ermittelt abhängig von zumindest einer zweiten Betriebsgröße der Brennkraftmaschine.

[0010] Zumindest ein Parameter der Zuordnungsvorschrift wird mittels einer Parametervertrimmung so angepasst, dass sich die Modellwerte der ersten Betriebsgröße an die entsprechenden Messwerte der ersten Betriebsgröße zumindest annähern. Werte der Parametervertrimmung, die repräsentativ sind für das Anpassen des Parameters der Zuordnungsvorschrift, werden zugeordnet zu den entsprechenden Betriebspunkten gespeichert. Für einen vorgegebenen möglichen Fehler werden abhängig von den gespeicherten Werten der Parametervertrimmung bei den unterschiedlichen Betriebspunkten Werte zumindest einer für den vorgegebenen möglichen Fehler charakteristischen Größe ermittelt. Zu den ermittelten Werten der charakteristischen Größe wird ein Mittelwert ermittelt. Falls der Betrag einer Abweichung des Mittelwerts von einem vorgegebenen Referenzwert der entsprechenden charakteristischen Größe für einen fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert ist, wird der vorgegebene mögliche Fehler als unwahrscheinlich ausgeschlossen. Falls der Betrag der Abweichung des Mittelwerts von dem vorgegebenen Referenzwert der entsprechenden charakteristischen Größe für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftma-

schine größer als der vorgegebene Schwellenwert ist, wird der vorgegebene mögliche Fehler als wahrscheinlich vorliegender Fehler klassifiziert.

[0011] Dies kann dazu beitragen, den vorgegebenen möglichen Fehler der Brennkraftmaschine einfach zu erkennen oder auszuschließen. Ferner ermöglicht dies das Erkennen des Fehlers mittels der Parametervertrimmung, die vorzugsweise unabhängig von dem Erkennen des Fehlers durchgeführt wird und deren Werte vorzugsweise auch außerhalb der Fehlererkennung regelmäßig abgespeichert werden.

[0012] Dass sich die Modellwerte an die Messwerte der ersten Betriebsgröße zumindest annähern bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich die Modellwerte an die Messwerte der ersten Betriebsgröße annähern oder den Messwerten entsprechen, also gleich den Messwerten sind. Wenn die Modellwerte der ersten Betriebsgröße den entsprechenden Messwerten der ersten Betriebsgröße entsprechen, bezeichnet man die Zuordnungsvorschrift als auf die erste Betriebsgröße abgeglichen. Der Wert der Parametervertrimmung ist beispielsweise die Differenz zwischen einem Wert eines Parameters der Zuordnungsvorschrift in auf die erste Betriebsgröße abgeglichenem Zustand der Zuordnungsvorschrift und dem Wert des Parameters in nicht abgeglichenem Zustand der Zuordnungsvorschrift, also ohne Berücksichtigung des Messwerts der ersten Betriebsgröße. Alternativ dazu kann der Wert der Parametervertrimmung der Gesamtwert des Parameters im abgeglichenen Zustand der Zuordnungsvorschrift sein. Die Zuordnungsvorschrift kann auch als Modell, insbesondere als Saugrohrmodell, bezeichnet werden.

[0013] Die erste Betriebsgröße umfasst beispielsweise einen Luftmassenstrom stromaufwärts einer Drosselklappe der Brennkraftmaschine oder einen Saugrohrdruck in einem Saugrohr der Brennkraftmaschine. Die zweite Betriebsgröße umfasst beispielsweise einen Öffnungsgrad der Drosselklappe und/oder eine Drehzahl der Brennkraftmaschine. Der Parameter umfasst beispielsweise eine reduzierte Drosselklappenfläche oder einen Luftdruck stromaufwärts der Drosselklappe. Dass die Werte der Parametervertrimmung in unterschiedlichen Betriebspunkten der Brennkraftmaschine abgespeichert werden, bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Werte der Parametervertrimmung in Abhängigkeit von den Betriebspunkten, bei denen sie erfasst werden, gespeichert werden.

[0014] Zum Erkennen des wahrscheinlich vorliegenden Fehlers wird die Erkenntnis ausgenutzt, dass in jedem Betriebspunkt bei Annahme eines vorgegebenen möglichen Fehlers abhängig von den Werten der Parametervertrimmung der Wert der charakteristischen Größe ermittelt werden kann, der nicht vom Betriebspunkt abhängt und der gerade den vorgege-

benen Fehler quantisiert, der die Parametervertrimmung bewirkt hat. Folglich müssen dann die in unterschiedlichen Betriebspunkten ermittelten Werte der charakteristischen Größe um den Mittelwert streuen, der signifikant von dem Referenzwert der charakteristischen Größe im fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine abweicht, falls der vorgegebene mögliche Fehler tatsächlich vorliegt.

[0015] In einer vorteilhaften Ausgestaltung werden für jeden möglichen Fehler aus einer Gruppe von vorgegebenen möglichen Fehlern abhängig von den gespeicherten Werten der Parametervertrimmung bei den unterschiedlichen Betriebspunkten Werte zumindest einer für den jeweiligen vorgegebenen möglichen Fehler charakteristischen Größe ermittelt. Für jeden möglichen Fehler aus der Gruppe von vorgegebenen möglichen Fehlern werden je ein Mittelwert und je ein Varianzmaß abhängig von den ermittelten Werten der jeweiligen charakteristischen Größe ermittelt. Falls der Betrag der Abweichung eines der Mittelwerte von dem vorgegebenen Referenzwert der entsprechenden charakteristischen Größe für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert ist, wird der vorgegebene mögliche Fehler als unwahrscheinlich ausgeschlossen, dem der entsprechende Mittelwert und die entsprechende charakteristische Größe zugeordnet sind. Falls der Betrag der Abweichung eines der Mittelwerte von dem vorgegebenen Referenzwert der entsprechenden charakteristischen Größe für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine größer als der vorgegebene Schwellenwert ist, wird der vorgegebene mögliche Fehler als wahrscheinlich vorliegender Fehler klassifiziert, dessen Varianzmaß eine vorgegebene Minimalbedingung erfüllt. Dies ermöglicht einfach bei mehreren eventuell vorliegenden Fehlern einen oder mehrere wahrscheinlich vorliegende Fehler als solche zu klassifizieren. Das Varianzmaß der charakteristischen Größe ist beispielsweise eine Standardabweichung der Werte der charakteristischen Größe von dem entsprechenden Mittelwert.

[0016] Dabei wird die Erkenntnis ausgenutzt, dass sich die unterschiedlichen vorgegebenen möglichen Fehler zwar über mehrere Betriebspunkte hinweg grundsätzlich unterschiedlich auswirken, dass jedoch die Ursache der Auswirkung, nämlich der tatsächliche Fehler quantisiert durch den Wert der charakteristischen Größe, in allen Betriebspunkten gleich ist. In anderen Worten ermöglicht die Beobachtung der automatischen Parametervertrimmung über unterschiedliche Betriebspunkte hinweg einen Rückschluss auf den möglichen Fehler, der die Parametervertrimmung tatsächlich hervorgerufen hat. Liegt beispielsweise tatsächlich ein Fehler vor, der mit dem Wert der charakteristischen Größe quantisierbar ist, so kann abhängig von den Werten der Parametervertrimmung in den unterschiedlichen Betriebspunkten

gerade dieser Wert der charakteristischen Größe relativ genau ermittelt werden, der unabhängig von den entsprechenden Betriebspunkten gleich ist. Folglich müssen die in unterschiedlichen Betriebspunkten ermittelten Werte der charakteristischen Größe in einem engen Bereich um den Mittelwert streuen, der signifikant von dem Referenzwert der charakteristischen Größe im fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine abweicht, und das Varianzmaß muss die vorgegebene Minimalbedingung erfüllen.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung werden die Varianzmaße der Werte der jeweiligen charakteristischen Größen vor dem Überprüfen der Minimalbedingung abhängig von der charakteristischen Größe und/oder abhängig von dem entsprechenden vorgegebenen möglichen Fehler normiert. Dies ermöglicht, die Varianzmaße der Werte der charakteristischen Größen zu vergleichen, wenn die charakteristischen Größen unterschiedliche physikalische Einheiten haben und/oder sich die charakteristischen Größen der unterschiedlichen möglichen Fehler unterschiedlich stark auswirken. Beispielsweise umfasst somit das Normieren ein geeignetes Anpassen unterschiedlicher physikalischer Einheiten und/oder ein Gewichten der Varianzmaße.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind mehrere Beträge der Abweichungen der Mittelwerte von den vorgegebenen Referenzwerten der entsprechenden charakteristischen Größen für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine größer als der vorgegebene Schwellenwert und es werden die möglichen Fehler aus der Gruppe der vorgegebenen möglichen Fehler als wahrscheinlich vorliegende Fehler interpretiert, deren Varianzmaße kleiner als ein vorgegebener Minimalschwellenwert sind. Dies gibt einfach die Minimalbedingung vor und ermöglicht somit einfach das Erkennen des oder der wahrscheinlich vorliegenden Fehler.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Beträge der Abweichungen der Mittelwerte von den vorgegebenen Referenzwerten der entsprechenden charakteristischen Größen für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine größer als der vorgegebene Schwellenwert und eine vorgegebene Anzahl der möglichen Fehler aus der Gruppe der vorgegebenen möglichen Fehler werden als wahrscheinlich vorliegende Fehler interpretiert, deren Varianzmaße am kleinsten sind. Dies gibt einfach die Minimalbedingung vor und ermöglicht somit einfach das Erkennen des oder der wahrscheinlich vorliegenden Fehler.

[0020] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die vorgegebene Anzahl eins. Dies gibt einfach die Minimalbedingung vor und ermöglicht somit einfach das Erkennen eines einzelnen am wahrscheinlichsten vorliegenden Fehlers.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die Gruppe der vorgegebenen möglichen Fehler einen verschmutzten Luftfilter der Brennkraftmaschine und/oder eine Leckage stromabwärts einer Drosselklappe und stromaufwärts eines Zylindereinlasses der Brennkraftmaschine. Dies trägt besonders wirkungsvoll dazu bei, den verschmutzten Luftfilter bzw. die Leckage zu erkennen. Eine für den verschmutzten Luftfilter charakteristische Größe ist beispielsweise ein Offset und/oder eine Steigung einer Kennlinie zum betriebspunktabhängigen Ermitteln eines Druckabfalls über den Luftfilter. Ein Referenzwert des Offsets bzw. der Steigung im fehlerfreien Betrieb ist grundsätzlich ungleich null. Eine für die Leckage charakteristische Größe ist beispielsweise ein mittlerer Lochdurchmesser der Leckage. Ein Referenzwert des mittleren Lochdurchmessers im fehlerfreien Betrieb ist grundsätzlich gleich null. Der Offset, die Steigung und der mittlere Lochdurchmesser hängen grundsätzlich nicht vom Betriebspunkt ab.

[0022] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand von schematischen Zeichnungen näher erläutert.

[0023] Es zeigen:

[0024] [Fig. 1](#) eine Brennkraftmaschine,

[0025] [Fig. 2](#) eine weitere Ansicht der Brennkraftmaschine,

[0026] [Fig. 3](#) ein Ablaufdiagramm eines ersten Programms zum Betreiben der Brennkraftmaschine,

[0027] [Fig. 4](#) ein Ablaufdiagramm eines zweiten Programms zum Betreiben der Brennkraftmaschine.

[0028] Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0029] Eine Brennkraftmaschine ([Fig. 1](#)) umfasst einen Ansaugtrakt **1**, einen Motorblock **2**, einen Zylinderkopf **3** und einen Abgastrakt **4**. Der Ansaugtrakt **1** umfasst bevorzugt einen Luftfilter **14**, eine Drosselklappe **5**, einen Sammler **6** und ein Saugrohr **7**, das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in einen Brennraum **9** des Motorblocks **2** geführt ist. Der Motorblock **2** umfasst eine Pleuelstange **10** mit einem Pleuellager **11** des Zylinders Z1 gekoppelt ist. Die Brennkraftmaschine umfasst neben dem Zylinder Z1 vorzugsweise weitere Zylinder Z2, Z3, Z4. Die Brennkraftmaschine kann aber auch jede beliebige Anzahl von Zylindern umfassen. Die Brennkraftmaschine ist bevorzugt in einem Kraftfahrzeug angeordnet.

[0030] In dem Zylinderkopf **3** sind bevorzugt ein Einspritzventil **18** und eine Zündkerze **19** angeordnet. Al-

ternativ kann das Einspritzventil **18** auch in dem Saugrohr **7** angeordnet sein. In dem Abgastrakt **4** ist vorzugsweise ein Abgaskatalysator **21** angeordnet, der bevorzugt als Dreiwegkatalysator ausgebildet ist.

[0031] Eine Phasen-Verstelleinrichtung **68** ([Fig. 2](#)) ist mit der Pleuelstange **8** und einer Einlassnockenwelle **50** gekoppelt. Die Einlassnockenwelle **50** ist mit einem Gaseinlassventil **12** gekoppelt. Die Einlassnockenwelle **50** wird über die Phasen-Verstelleinrichtung **68** von der Pleuelstange **8** angetrieben. Die Phasen-Verstelleinrichtung **68** ermöglicht ein Verstellen einer Phase der Einlassnockenwelle **50** zu der Pleuelstange **8**. Das heißt, durch die Phasen-Verstelleinrichtung **68** kann ein Phasenwinkel zwischen einer Bezugsmarkierung auf der Einlassnockenwelle **50** und einer Bezugsmarkierung auf der Pleuelstange **8** in einer Bezugsstellung der Pleuelstange **8** verstellbar werden. Zusätzlich kann eine Auslassnockenwelle **60**, die mit einem Gasauslassventil **13** gekoppelt ist, mit der Phasen-Verstelleinrichtung **68** gekoppelt sein, durch die dann eine Phase der Auslassnockenwelle **60** zu der Pleuelstange **8** verstellbar ist.

[0032] Eine Steuervorrichtung **25** ist vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Messwert der Messgröße ermitteln. Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine umfassen die Messgrößen und aus den Messgrößen abgeleitete Größen. Die Steuervorrichtung **25** ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern der Stellglieder mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden. Ein Betriebspunkt BP ([Fig. 3](#)) der Brennkraftmaschine ist durch einen oder mehrere Werte der Betriebsgrößen vorgegeben. Die Steuervorrichtung **25** kann auch als Vorrichtung zum Betreiben der Brennkraftmaschine bezeichnet werden.

[0033] Die Sensoren sind beispielsweise ein Pedalstellungsgeber **26**, der eine Fahrpedalstellung eines Fahrpedals **27** erfasst, ein Luftmassensensor **28**, der einen Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe **5** erfasst, ein Drosselklappenstellungssensor **30**, der einen Öffnungsgrad der Drosselklappe **5** erfasst, ein Temperatursensor **32**, der eine Ansauglufttemperatur erfasst, ein Saugrohrdrucksensor **34**, der einen Saugrohrdruck in dem Sammler **6** erfasst, ein Pleuelstangenwinkelsensor **36**, der einen Pleuelstangenwinkel erfasst, dem dann eine Drehzahl der Brennkraftmaschine zugeordnet wird. Ferner ist eine Abgassonde **42** vorgesehen, die stromaufwärts des Abgaskatalysators **21** angeordnet ist und beispielsweise den Restsauerstoffgehalt des Abgases erfasst und deren Messsignal repräsentativ ist für ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Brennraum **9** des Zylinders Z1. Zum Erfassen der Position der Einlassnockenwelle **50** und/oder der Auslassnockenwelle **60**

können ein Einlassnockenwellen-Sensor **56** bzw. ein Auslassnockenwellen-Sensor **66** vorgesehen sein.

[0034] Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untermenge der genannten Sensoren vorhanden sein oder es können auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

[0035] Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe **5**, die Gaseinlass- und Gasauslassventile **12**, **13**, das Einspritzventil **18**, die Phasen-Verstelleinrichtung **68** und/oder die Zündkerze **19**.

[0036] Auf einem Speichermedium der Steuereinrichtung **25** ist eine Zuordnungsvorschrift, insbesondere ein Saugrohrmodell gespeichert. Das Saugrohrmodell wird vorzugsweise an einem Motorprüfstand oder mittels eines Versuchsfahrzeugs parametrisiert. Das Saugrohrmodell dient dazu, abhängig von Messwerten zumindest einer Betriebsgröße Modellwerte mindestens einer weiteren Betriebsgröße zu ermitteln. Da Brennkraftmaschinen gleicher Bauart aufgrund von Fertigungstoleranzen und/oder Verschleiß zumindest geringfügig von Referenzmotoren am Motorprüfstand bzw. in den Versuchsfahrzeugen abweichen, wird das Saugrohrmodell während des Betriebs der Brennkraftmaschine regelmäßig mittels einer Parametervertrimmung derart abgeglichen, dass sich die Modellwerte der Betriebsgröße an die Messwerte der Betriebsgröße zumindest annähern. Bei der Parametervertrimmung wird zumindest ein Parameter des Saugrohrmodells verändert.

[0037] Auf dem Speichermedium der Steuereinrichtung **25** ist vorzugsweise ein erstes Programm zum Betreiben der Brennkraftmaschine gespeichert ([Fig. 3](#)). Das erste Programm dient dazu, zumindest einen Parameter einer Zuordnungsvorschrift so anzupassen, dass sich ein mittels der Zuordnungsvorschrift ermittelter Modellwert LOAD_MDL einer ersten Betriebsgröße an einen mittels eines Sensors erfassten Messwert LOAD_MES der ersten Betriebsgröße zumindest annähert, und abhängig von Werten PAR der Parametervertrimmung, die sich auf den entsprechenden Parameter auswirken, auf einen oder mehrere wahrscheinlich vorliegende Fehler ERR_SUP der Brennkraftmaschine zu erkennen.

[0038] Das erste Programm wird vorzugsweise in einem Schritt S1 gestartet, in dem Variablen initialisiert werden, vorzugsweise zeitnah einem Motorstart der Brennkraftmaschine.

[0039] In einem Schritt S2 wird der Messwert LOAD_MES der ersten Betriebsgröße erfasst. Beispielsweise ist die erste Betriebsgröße eine Lastgröße, beispielsweise der Saugrohrdruck. Der Messwert LOAD_MES der ersten Betriebsgröße wird dann vorzugsweise mittels des Saugrohrdrucksensors **34** erfasst.

[0040] In einem Schritt S3 wird mittels der Zuordnungsvorschrift der Modellwert LOAD_MDL der ersten Betriebsgröße ermittelt.

[0041] In einem Schritt S4 wird eine Abweichung LOAD_DIF zwischen dem Modellwert LOAD_MDL und dem Messwert LOAD_MES der ersten Betriebsgröße ermittelt, vorzugsweise nach der in dem Schritt S4 angegebenen Berechnungsvorschrift.

[0042] In einem Schritt S5 wird abhängig von der Abweichung LOAD_DIF der ersten Betriebsgröße zumindest einer der Werte PAR der Parametervertrimmung ermittelt. Beispielsweise wird der entsprechende Parameter um eine vorgegebene Einheit vergrößert oder verkleinert, so dass sich der Modellwert LOAD_MDL an den Messwert LOAD_MES der ersten Betriebsgröße annähert. Alternativ dazu kann mittels eines Kennfelds der Wert PAR der Parametervertrimmung so ermittelt werden, dass der Modellwert LOAD_MDL dem Messwert LOAD_MES der ersten Betriebsgröße entspricht. Das Kennfeld und gegebenenfalls weitere Kennfelder können an dem Motorprüfstand ermittelt und auf dem Speichermedium gespeichert werden.

[0043] In einem Schritt S6 kann mittels einer Speicheranweisung SAVE der Wert PAR der Parametervertrimmung in Abhängigkeit von dem aktuell vorliegenden Betriebspunkt BP der Brennkraftmaschine gespeichert werden. Der Betriebspunkt BP kann beispielsweise durch die Drehzahl der Brennkraftmaschine, durch eine Nockenwellenposition, durch eine Kühlmitteltemperatur und/oder eine Öltemperatur der Brennkraftmaschine vorgegeben sein.

[0044] Da die Schritte S2 bis S6 vorzugsweise regelmäßig in unterschiedlichen Betriebspunkten BP abgearbeitet werden, werden unterschiedliche Werte PAR der Parametervertrimmung in Abhängigkeit von den Betriebspunkten BP gespeichert.

[0045] Ein Vorliegen eines Fehlers der Brennkraftmaschine bewirkt regelmäßig ein Ansteigen oder ein Absenken der Werte PAR der Parametervertrimmung. Diese Änderung der Werte PAR der Parametervertrimmung kann sich jedoch für jeden möglichen Fehler unterschiedlich auf die einzelnen Betriebspunkte BP auswirken. Beispielsweise wirkt sich ein Verschmutzen des Luftfilters **14** aufgrund eines mit steigendem Luftmassenstrom ansteigenden Druckabfalls am Luftfilter **14** lediglich im mittleren und oberen Lastbereich der Brennkraftmaschine wesentlich aus, was erhöhte Werte PAR der Parametervertrimmung im mittleren und oberen Lastbereich im Vergleich zum unteren Lastbereich bewirkt. Im Gegensatz dazu wirkt sich eine Leckage stromabwärts der Drosselklappe **5** und stromaufwärts des Zylindereinlasses des Brennraums **9** aufgrund der großen Druckdifferenz zwischen Umgebungsdruck und

Saugrohrdruck und des daraus resultierenden großen Leckluftmassenstroms vor allem im unteren Lastbereich aus, was erhöhte Werte PAR der Parametervertrimmung im unteren Lastbereich bewirkt. Somit sind die unterschiedlichen Werte PAR der Parametervertrimmung in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Betriebspunkte BP repräsentativ für den wahrscheinlich vorliegenden Fehler ERR_SUP, der die Parametervertrimmung bewirkt.

[0046] Bei Annahme eines vorgegebenen möglichen Fehlers ERR_SUP kann abhängig von einem der Werte PAR der Parametervertrimmung ein Wert CHAR_VAL einer für den vorgegebenen möglichen Fehler ERR_SUP charakteristischen Größe ermittelt werden, der den möglichen Fehler ERR_SUP quantisiert. Beispielsweise ist eine für den verschmutzten Luftfilter **14** charakteristische Größe ein Offset und/oder eine Steigung einer Kennlinie zum betriebspunktabhängigen Ermitteln eines Druckabfalls über den Luftfilter **14**. Ein Referenzwert des Offsets bzw. der Steigung im fehlerfreien Betrieb ist grundsätzlich ungleich null. Ferner ist beispielsweise eine für die Leckage charakteristische Größe ein mittlerer Lochdurchmesser der Leckage. Ein Referenzwert des mittleren Lochdurchmessers im fehlerfreien Betrieb ist grundsätzlich gleich null. Referenzwerte REF_VAL der charakteristischen Größe können beispielsweise an dem Motorprüfstand ermittelt oder vorgegeben werden.

[0047] Werte CHAR_VAL der charakteristischen Größen, insbesondere der Offset, die Steigung und der mittlere Lochdurchmesser hängen grundsätzlich nicht vom Betriebspunkt BP ab. Daraus folgt, dass im Idealfall bei Annahme eines möglichen Fehlers ERR_SUP abhängig von für unterschiedliche Betriebspunkte BP unterschiedlichen Werten PAR der Parametervertrimmung immer der gleiche Wert CHAR_VAL der charakteristischen Größe ermittelt wird. Beispielsweise ergeben im Idealfall große Werte PAR der Parametervertrimmung im unteren Lastbereich und kleine Werte PAR der Parametervertrimmung im oberen Lastbereich den gleichen mittleren Lochdurchmesser der Leckage. Unter realen Bedingungen streuen bei Annahme des möglichen Fehlers ERR_SUP die Werte CHAR_VAL der charakteristischen Größe um einen festen Mittelwert M_VAL, der abhängig von den Werten PAR der Parametervertrimmung ermittelt wird und der ausschließlich dem einen möglichen Fehler ERR_SUP zugeordnet ist.

[0048] In einem Schritt S7 werden für den vorgegebenen möglichen Fehler ERR_SUP die Werte CHAR_VAL der charakteristischen Größe abhängig von den gespeicherten Werten PAR der Parametervertrimmung ermittelt. Die Werte CHAR_VAL der charakteristischen Größen können beispielsweise berechnet werden, indem die Zuordnungsvorschrift so nach der charakteristischen Größe umgestellt

wird, dass ihr Wert aus den Werten der Betriebsgrößen und aller weiteren Parameter der Zuordnungsvorschrift direkt berechnet werden kann. Bei dieser Vorgehensweise kann der Wert CHAR_VAL der charakteristischen Größe jeweils sehr schnell in einem Rechenschritt bestimmt werden. Dazu wird vorzugsweise die Zuordnungsvorschrift für jeden möglichen Fehler ERR_SUP in einer jeweils anderen Form zur Berechnung der jeweiligen charakteristischen Größe auf dem Speichermedium abgelegt. Alternativ dazu können mit einem iterativen Suchverfahren die Werte der charakteristischen Größen ermittelt werden, die die beobachteten Werte PAR der Parametervertrimmung bewirken, ohne die Zuordnungsvorschrift umzustellen. Dieses iterative Verfahren benötigt zwar mehr Rechenschritte als das im Vorangehenden erläuterte Verfahren, jedoch wird weniger Speicherplatz benötigt, da die Zuordnungsvorschrift nur in einer Form abgelegt werden muss, insbesondere in einer Form, in der sie nach der ersten Betriebsgröße umgestellt ist.

[0049] In einem Schritt S7A wird abhängig von den Werten CHAR_VAL der für den möglichen Fehler ERR_SUP charakteristischen Größe der Mittelwert M_VAL der Werte CHAR_VAL der charakteristischen Größe ermittelt.

[0050] In einem Schritt S8 wird eine Abweichung M_DIF des Mittelwerts M_VAL von dem Referenzwert REF_VAL der charakteristischen Größe ermittelt.

[0051] In einem Schritt S9 wird überprüft, ob der Betrag der Abweichung M_DIF des Mittelwerts M_VAL von dem Referenzwert REF_VAL der entsprechenden charakteristischen Größe kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert M_THD ist. Ist die Bedingung des Schritts S9 erfüllt, so kann davon ausgegangen werden, dass die Werte CHAR_VAL der charakteristischen Größe im Mittel dem Referenzwert REF_VAL der entsprechenden charakteristischen Größe im fehlerfreien Betrieb entsprechen und dass somit der vorgegebene mögliche Fehler ERR_SUP wahrscheinlich nicht vorliegt, und die Bearbeitung wird in einem Schritt S10 fortgesetzt. Ist die Bedingung des Schritts S9 nicht erfüllt, so kann davon ausgegangen werden, dass die Werte CHAR_VAL der charakteristischen Größe im Mittel von dem Referenzwert REF_VAL der entsprechenden charakteristischen Größe im fehlerfreien Betrieb abweichen, dass somit der vorgegebene mögliche Fehler ERR_SUP wahrscheinlich vorliegt und dass er wahrscheinlich durch den Mittelwert M_VAL quantisierbar ist, und die Bearbeitung wird in einem Schritt S11 fortgesetzt.

[0052] In dem Schritt S10 wird ein Signal NO_ERR erzeugt, dass repräsentativ dafür ist, dass der vorgegebene mögliche Fehler ERR_SUP wahrscheinlich

nicht vorliegt.

[0053] In dem Schritt S11 wird der vorgegebene mögliche Fehler ERR_SUP als wahrscheinlicher vorliegender Fehler ERR_REA klassifiziert.

[0054] In einem Schritt S12 kann das erste Programm beendet werden. Vorzugsweise wird das erste Programm jedoch regelmäßig während des Betriebs der Brennkraftmaschine abgearbeitet. Ferner wird vorzugsweise bei Erkennen des wahrscheinlich vorliegenden Fehlers ERR_REA zumindest eine Sicherheitsmaßnahme getroffen. Diese Sicherheitsmaßnahme kann beispielsweise ein Beschränken eines Drehmoments der Brennkraftmaschine umfassen und/oder einen Eintrag in einen Fehlerspeicher der Steuereinrichtung **25** bewirken.

[0055] Ferner kann das erste Programm in einem Schritt S13 fortgesetzt werden, in dem mittels einer Schleifenanweisung NEXT die Bearbeitung erneut in dem Schritt S7 fortgesetzt wird, wobei dann ein anderer vorgegebener möglicher Fehler ERR_SUP überprüft wird als beim ersten Durchlauf des ersten Programms durch Ermitteln der Werte CHAR_VAL der für diesen anderen vorgegebenen möglichen Fehler ERR_SUP charakteristischen Größe und durch entsprechende Mittelwertbildung.

[0056] Alternativ oder zusätzlich ist auf dem Speichermedium der Steuereinrichtung **25** ein zweites Programm zum Betreiben der Brennkraftmaschine gespeichert ([Fig. 4](#)). Das zweite Programm dient dazu, zumindest den einen Parameter der Zuordnungsvorschrift so anzupassen, dass sich der mittels der Zuordnungsvorschrift ermittelte Modellwert LOAD_MDL der ersten Betriebsgröße an den mittels des Sensors erfassten Messwert LOAD_MES der ersten Betriebsgröße zumindest annähert, und abhängig von den Werten PAR der Parametervertrimmung, die sich auf den entsprechenden Parameter auswirken, auf einen oder mehrere wahrscheinlich vorliegende Fehler ERR_REA der Brennkraftmaschine zu erkennen. Ferner ermöglicht das zweite Programm eine engere Auswahl an möglichen Fehlern ERR_SUP aus einer Gruppe von vorgegebenen möglichen Fehlern ERR_SUP zu treffen und somit die Fehlersuche einzuschränken.

[0057] Das zweite Programm wird vorzugsweise in einem Schritt S14 gestartet, in dem Variablen initialisiert werden, vorzugsweise zeitnah einem Motorstart der Brennkraftmaschine.

[0058] Die Schritte S15 bis S23 des zweiten Programms entsprechen den Schritten S2 bis S10 des ersten Programms.

[0059] In einem Schritt S24 wird mittels der Schleifenanweisung NEXT die Bearbeitung erneut in dem

Schritt S20 fortgesetzt, wobei dann ein anderer vorgegebener möglicher Fehler ERR_SUP überprüft wird als beim ersten Durchlauf des zweiten Programms durch Ermitteln der Werte CHAR_VAL der für diesen anderen vorgegebenen möglichen Fehler ERR_SUP charakteristischen Größe und durch entsprechende Mittelwertbildung.

[0060] In dem Schritt S25 wird zu jedem vorgegebenen möglichen Fehler ERR_SUP ein Varianzmaß SIGM abhängig von den Werten CHAR_VAL der charakteristischen Größen und abhängig von dem entsprechenden Mittelwerten M_VAL ermittelt. Das Varianzmaß SIGM ist beispielsweise eine Standardabweichung der Werte CHAR_VAL der charakteristischen Größe von dem Mittelwert M_VAL. Alternativ dazu kann das Varianzmaß eine beliebige andere Größe sein, die repräsentativ ist für eine mittlere Abweichung der Werte CHAR_VAL der charakteristischen Größe von dem Mittelwert M_VAL.

[0061] In einem Schritt S26 wird zumindest einer der vorgegebenen möglichen Fehler ERR_SUP als tatsächlich vorliegender Fehler ERR_REA klassifiziert. Falls mehrere vermutete Fehler ERR_SUP einen Mittelwert M_VAL aufweisen, der stark von dem entsprechenden Referenzwert REF_VAL der charakteristischen Größe abweicht, so wird mittels einer Minimalauswahl MIN der vermutete Fehler ERR_SUP als wahrscheinlich vorliegender Fehler ERR_REA klassifiziert, dessen Varianzmaß SIGM das kleinste unter allen ermittelten Varianzmaßen SIGM ist. Alternativ dazu können alle möglichen Fehler ERR_SUP aus der Gruppe der vorgegebenen möglichen Fehler ERR_SUP als wahrscheinlich vorliegend klassifiziert werden, deren Varianzmaß SIGM kleiner als ein vorgegebener Abweichungsschwellenwert ist. Alternativ dazu können eine vorgegebene Anzahl möglicher Fehler ERR_SUP aus der Gruppe der vorgegebenen möglichen Fehler ERR_SUP als wahrscheinlich vorliegend klassifiziert werden, die die kleinsten Varianzmaße SIGM aufweisen.

[0062] In einem Schritt S27 kann das zweite Programm beendet werden. Vorzugsweise wird das zweite Programm jedoch regelmäßig während des Betriebs der Brennkraftmaschine abgearbeitet. Ferner wird vorzugsweise bei Erkennen eines oder mehrerer wahrscheinlich vorliegender Fehler ERR_REA zumindest eine Sicherheitsmaßnahme getroffen. Diese Sicherheitsmaßnahme kann beispielsweise ein Beschränken eines Drehmoments der Brennkraftmaschine umfassen und/oder einen Eintrag in einen Fehlerspeicher der Steuereinrichtung **25** bewirken.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem während eines Betriebs der Brenn-

kraftmaschine

- Messwerte (LOAD_MES) einer ersten Betriebsgröße der Brennkraftmaschine in unterschiedlichen Betriebspunkten (BP) erfasst werden,
- anhand einer Zuordnungsvorschrift Modellwerte (LOAD_MDL) der ersten Betriebsgröße bei den unterschiedlichen Betriebspunkten (BP) ermittelt werden abhängig von zumindest einer zweiten Betriebsgröße der Brennkraftmaschine,
- zumindest ein Parameter der Zuordnungsvorschrift mittels einer Parametervertrimmung so angepasst wird, dass sich die Modellwerte (LOAD_MDL) der ersten Betriebsgröße an die entsprechenden Messwerte (LOAD_MES) der ersten Betriebsgröße zumindest annähern,
- Werte (PAR) der Parametervertrimmung, die repräsentativ sind für das Anpassen des Parameters der Zuordnungsvorschrift, zugeordnet zu den entsprechenden Betriebspunkten (BP) gespeichert werden,
- für einen vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) abhängig von den gespeicherten Werten (PAR) der Parametervertrimmung bei den unterschiedlichen Betriebspunkten (BP) Werte (CHAR_VAL) zumindest einer für den vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) charakteristischen Größe ermittelt werden,
- zu den ermittelten Werten der charakteristischen Größe ein Mittelwert (M_VAL) ermittelt wird,
- falls der Betrag einer Abweichung (M_DIF) des Mittelwerts (M_VAL) von einem vorgegebenen Referenzwert (REF_VAL) der entsprechenden charakteristischen Größe für einen fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert (M_THD) ist, der vorgegebene mögliche Fehler (ERR_SUP) als unwahrscheinlich ausgeschlossen wird,
- falls der Betrag der Abweichung (M_DIF) des Mittelwerts (M_VAL) von dem vorgegebenen Referenzwert (REF_VAL) der entsprechenden charakteristischen Größe für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine größer als der vorgegebene Schwellenwert (M_THD) ist, der vorgegebene mögliche Fehler (ERR_SUP) als wahrscheinlich vorliegender Fehler (ERR_REA) klassifiziert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem

- für jeden möglichen Fehler (ERR_SUP) aus einer Gruppe von vorgegebenen möglichen Fehlern (ERR_SUP) abhängig von den gespeicherten Werten (PAR) der Parametervertrimmung bei den unterschiedlichen Betriebspunkten (BP) Werte (CHAR_VAL) zumindest einer für den jeweiligen vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) charakteristischen Größe ermittelt werden,
- für jeden möglichen Fehler (ERR_SUP) aus der Gruppe von vorgegebenen möglichen Fehlern (ERR_SUP) jeweils der Mittelwert (M_VAL) und je ein Varianzmaß (SIGM) abhängig von den ermittelten Werten (CHAR_VAL) der jeweiligen charakteristischen Größe ermittelt werden,

- falls der Betrag der Abweichung (M_DIF) eines der Mittelwerte (M_VAL) von dem vorgegebenen Referenzwert (REF_VAL) der entsprechenden charakteristischen Größe für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine kleiner als der vorgegebene Schwellenwert (M_THD) ist, der vorgegebene mögliche Fehler (ERR_SUP) als unwahrscheinlich ausgeschlossen wird, dem der entsprechende Mittelwert (M_VAL) und die entsprechende charakteristische Größe zugeordnet sind,
- falls der Betrag der Abweichung (M_DIF) eines der Mittelwerte (M_VAL) von dem vorgegebenen Referenzwert (REF_VAL) der entsprechenden charakteristischen Größe für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine größer als der vorgegebene Schwellenwert (M_THD) ist, der vorgegebene mögliche Fehler (ERR_SUP) als wahrscheinlich vorliegender Fehler (ERR_REA) klassifiziert wird, dessen Varianzmaß (SIGM) eine vorgegebene Minimalbedingung (MIN) erfüllt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Varianzmaße (SIGM) der Werte (CHAR_VAL) der jeweiligen charakteristischen Größen vor dem Überprüfen der Minimalbedingung (MIN) abhängig von der entsprechenden charakteristischen Größe und/oder abhängig von dem entsprechenden vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) normiert werden.

4. Verfahren nach einem Ansprüche 2 oder 3, bei dem die Beträge mehrerer Abweichungen (M_DIF) der Mittelwerte (M_VAL) von den vorgegebenen Referenzwerten (REF_VAL) der entsprechenden charakteristischen Größen für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine größer als der vorgegebene Schwellenwert (M_THD) sind, und bei dem die möglichen Fehler (ERR_SUP) aus der Gruppe der vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) als wahrscheinlich vorliegende Fehler (ERR_REA) interpretiert werden, deren Varianzmaße (SIGM) kleiner als ein vorgegebener Minimalschwellenwert sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, bei dem die Beträge mehrerer Abweichungen (M_DIF) der Mittelwerte (M_VAL) von den vorgegebenen Referenzwerten (REF_VAL) der entsprechenden charakteristischen Größen für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine größer als der vorgegebene Schwellenwert (M_THD) sind, und bei dem eine vorgegebene Anzahl der möglichen Fehler (ERR_SUP) aus der Gruppe der möglichen Fehler (ERR_SUP) als wahrscheinlich vorliegende Fehler (ERR_REA) interpretiert werden, deren Varianzmaße (SIGM) am kleinsten sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die vorgegebene Anzahl eins ist.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Gruppe der vorgegebenen

möglichen Fehler (ERR_SUP) einen verschmutzten Luftfilter (**14**) der Brennkraftmaschine und/oder eine Leckage stromabwärts einer Drosselklappe (**5**) und stromaufwärts eines Zylindereinlasses der Brennkraftmaschine umfasst.

8. Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, wobei die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, während eines Betriebs der Brennkraftmaschine

- Messwerte (LOAD_MES) einer ersten Betriebsgröße der Brennkraftmaschine in unterschiedlichen Betriebspunkten (BP) zu erfassen,
- anhand einer Zuordnungsvorschrift Modellwerte (LOAD_MDL) der ersten Betriebsgröße bei den unterschiedlichen Betriebspunkten (BP) zu ermitteln abhängig von zumindest einer zweiten Betriebsgröße der Brennkraftmaschine,
- zumindest einen Parameter der Zuordnungsvorschrift mittels einer Parametervertrimmung so anzupassen, dass sich die Modellwerte (LOAD_MDL) der ersten Betriebsgröße an die entsprechenden Messwerte (LOAD_MES) der ersten Betriebsgröße zumindest annähern,
- Werte (PAR) der Parametervertrimmung, die repräsentativ sind für das Anpassen des Parameters der Zuordnungsvorschrift, zugeordnet zu den entsprechenden Betriebspunkten (BP) zu speichern,
- für einen vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) abhängig von den gespeicherten Werten (PAR) der Parametervertrimmung bei den unterschiedlichen Betriebspunkten (BP) Werte (CHAR_VAL) zumindest einer für den vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) charakteristischen Größe zu ermitteln,
- zu den ermittelten Werten (CHAR_VAL) der charakteristischen Größe einen Mittelwert (M_VAL) zu ermitteln,
- falls der Betrag einer Abweichung (M_DIF) des Mittelwerts (M_VAL) von einem vorgegebenen Referenzwert (REF_VAL) der entsprechenden charakteristischen Größe für einen fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert (M_THD) ist, den vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) als unwahrscheinlich auszuschließen,
- falls der Betrag der Abweichung (M_DIF) des Mittelwerts (M_VAL) von dem vorgegebenen Referenzwert (REF_VAL) der entsprechenden charakteristischen Größe für den fehlerfreien Betrieb der Brennkraftmaschine größer als der vorgegebene Schwellenwert (M_THD) ist, den vorgegebenen möglichen Fehler (ERR_SUP) als wahrscheinlich vorliegenden Fehler (ERR_REA) zu klassifizieren.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

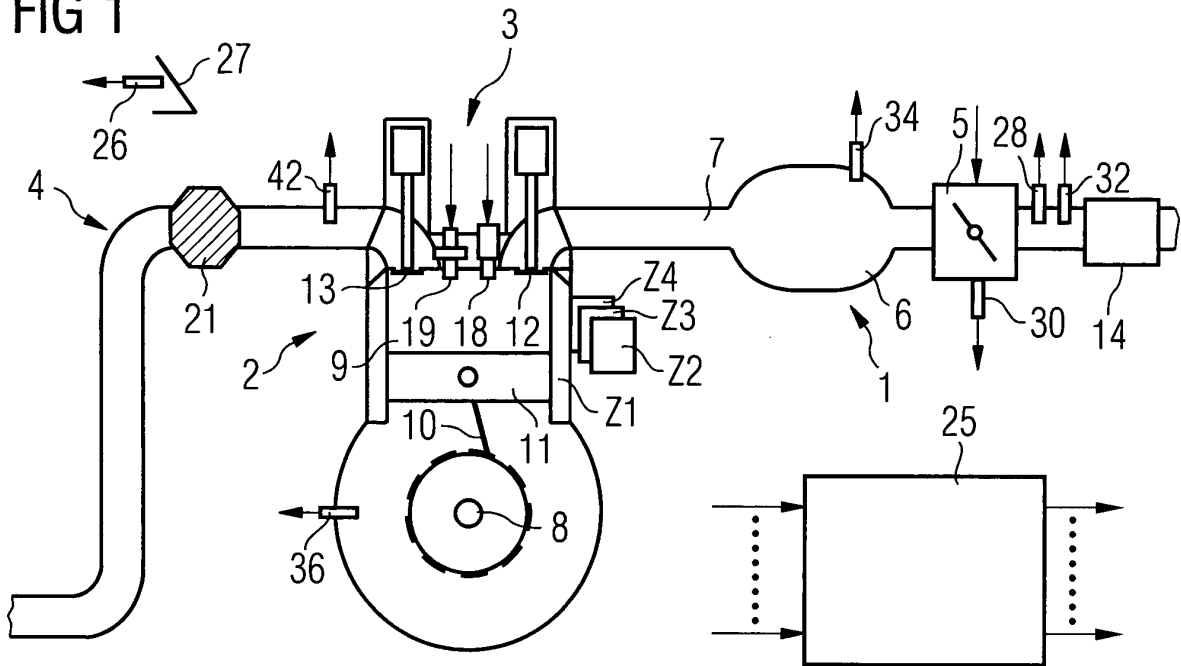


FIG 2

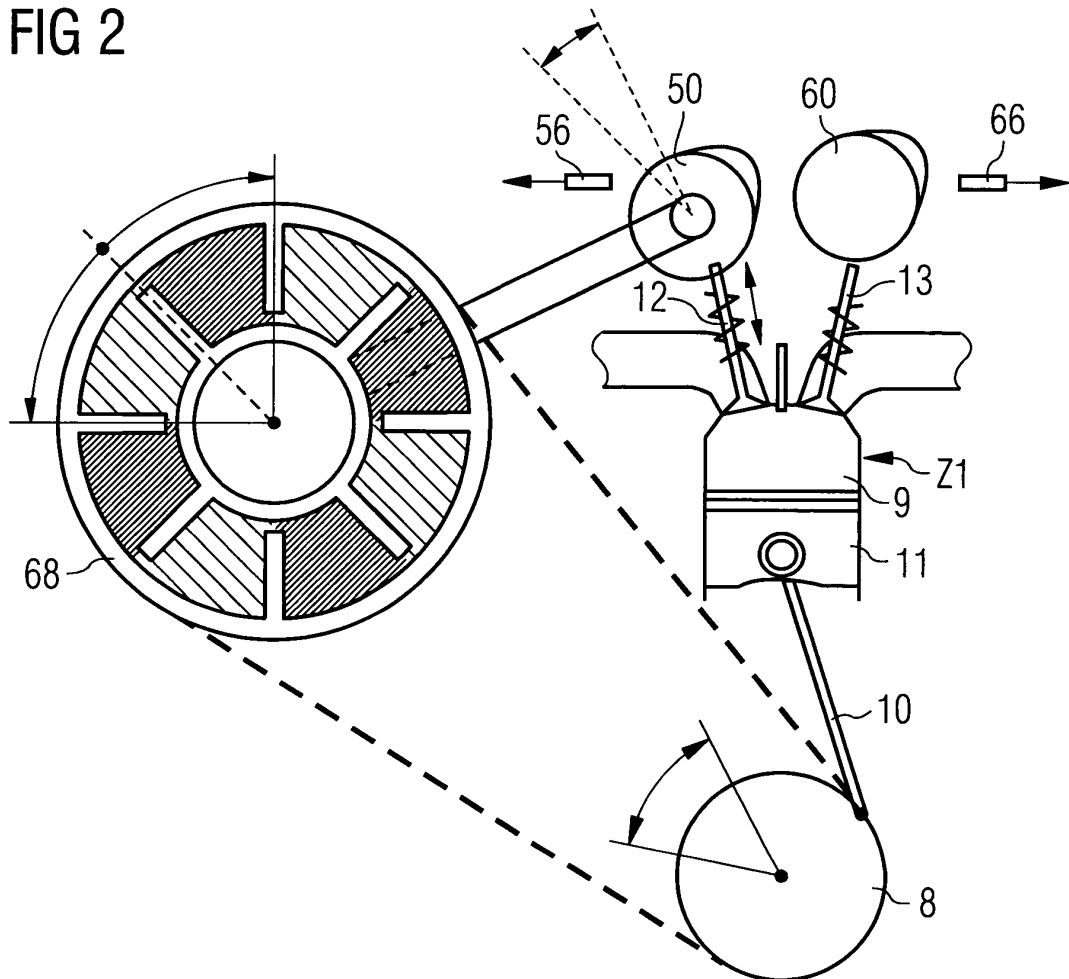


FIG 3

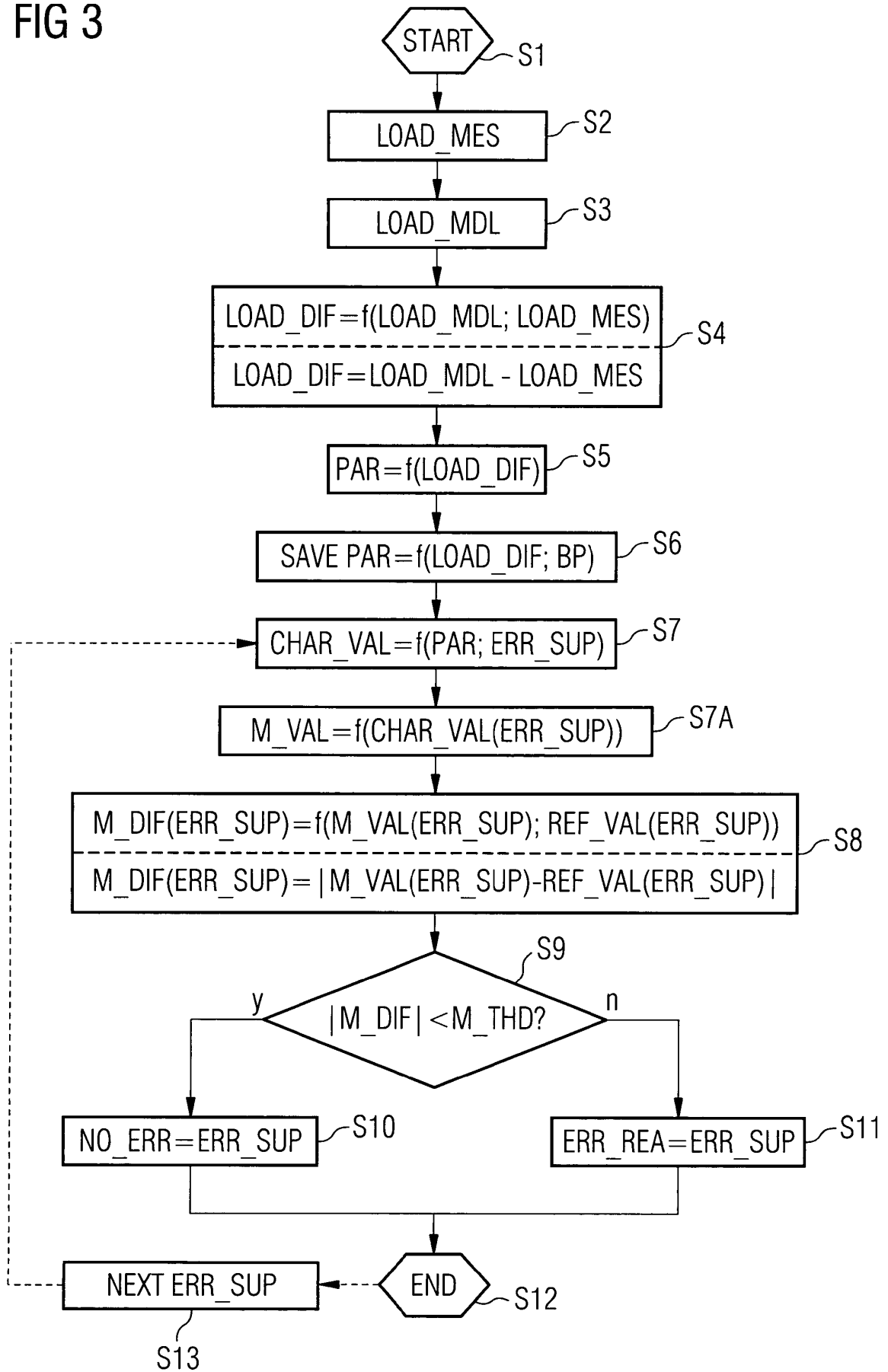


FIG 4

