

(19)



(11)

EP 4 497 929 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.01.2025 Patentblatt 2025/05

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F02D 35/02^(2006.01) F02D 41/22^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24163402.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**F02D 35/023; F02D 35/024; F02D 41/222;
F02D 35/027**

(22) Anmeldetag: **14.03.2024**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **HUBER, Johannes**
6233 Kramsach (AT)
• **MÉRIC, André**
6134 Vomp (AT)

(74) Vertreter: **Torggler & Hofmann Patentanwälte -
Innsbruck**
**Torggler & Hofmann Patentanwälte GmbH & Co
KG**
Wilhelm-Greil-Straße 16
6020 Innsbruck (AT)

(30) Priorität: **25.07.2023 DE 102023119581**

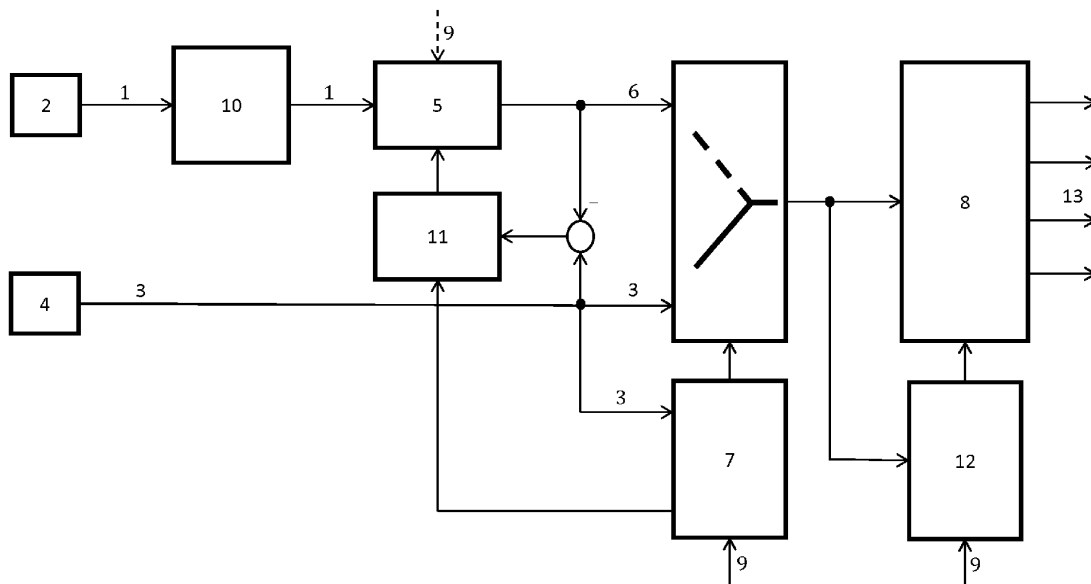
(71) Anmelder: **Innio Jenbacher GmbH & Co OG**
6200 Jenbach (AT)

(54) VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE

(57) Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, wobei
- ein Klopfsignal (1) eines Klopfensors (2) erhoben wird,
- ein Zylinderdrucksignal (3) eines Zylinderdrucksensors (4) erhoben wird, welches Zylinderdrucksignal (3) für einen in zumindest einem Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Zylinderdruck repräsentativ ist,
- auf Basis eines Modells (5) ein geschätzter Zylinder-

druck (6) aus einem Klopfsignal (1) ermittelt wird,
- das Zylinderdrucksignal (3) einer Plausibilitätsprüfung (7) unterzogen wird, und
- falls das Zylinderdrucksignal (3) gemäß der Plausibilitätsprüfung (7) nicht plausibel ist, den geschätzten Zylinderdruck (6) für den Betrieb der Brennkraftmaschine zu verwenden.

Fig. 1



EP 4 497 929 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 12 sowie ein Computerprogrammprodukt und ein computerlesbares Speichermedium.

[0002] Zum Betreiben einer Brennkraftmaschine ist es aus dem Stand der Technik bekannt, aus dem laufenden Prozess der Verbrennung Parameter zu entnehmen, um Aufschluss über den aktuell vorliegenden Verbrennungsprozess erlangen zu können.

[0003] Als solcher Parameter wird zumeist der herrschende Zylinderdruck wenigstens eines Brennraumes der Brennkraftmaschine verwendet, wobei über den Druck als auch den Zeitpunkt des herrschenden Druckes ein hoher Aufschluss über den Verbrennungsprozess erlangt werden kann und darüber in den Verbrennungsprozess eingegriffen werden kann, um Abweichungen zu vermeiden und/oder den Verbrennungsprozess zu optimieren.

[0004] Dabei ist es bekannt, den Zylinderdruck über Zylinderdrucksensoren zu entnehmen, welche in den Brennraum der Brennkraftmaschine ragen und dazu ausgebildet sind, ein charakteristisches Signal für den im Brennraum herrschenden Zylinderdruck bereitzustellen.

[0005] Entsprechende Sensoren, welche am Markt verfügbar sind, weisen eine recht breite Spanne auf, was die Qualität, die Widerstandsfähigkeit sowie die Qualität des Sensorsignales betreffen, wobei sich diese Qualitätsspanne hinsichtlich des Fertigungsaufwandes und den Materialbedarf begründet und sich in den Preisen widerspiegelt.

[0006] Nachteilig an Zylinderdrucksensoren ist jedoch, dass sie eine gewisse Schwachstelle in der Regelungskette einer Brennkraftmaschine darstellen, da entsprechende Zylinderdrucksensoren - unabhängig von der Qualität oder dem Preis - nach einer bestimmten Betriebsstundenzahl Beschädigungen aufweisen und sich ihr repräsentatives Sensorsignal verschlechtert. Bei qualitativ schlechteren (und preislich meist günstigeren) tritt eine solche Verschlechterung meist schon früher ein.

[0007] Diese Veränderung des Sensorsignals ist der Tatsache zu schulden, dass Zylinderdrucksensoren dem Verbrennungsprozess der Brennkraftmaschine ausgesetzt sind, was zu enormen thermischen als auch mechanischen Belastungen führt, wodurch es zur Materialermüdung und/oder dem Gebrechen des Zylinderdrucksensors nach einer bestimmten Betriebsstundenzahl führt.

[0008] Weiters ist es aus dem Stand der Technik bekannt, Klopfensoren bei Brennkraftmaschinen einzusetzen, welche den Körperschall der Brennkraftmaschine messen und ein entsprechendes, repräsentatives Klopfsignal liefern. Zumeist werden diese Klopfensoren oder ihr Klopfsignal dazu verwendet, den Verbrennungsprozess dahingehend zu überwachen, ob es zu Fehl-

zündungen oder ein Klopfen der Brennkraftmaschine kommt.

[0009] Jedoch ist es auch aus dem Stand der Technik bekannt, über das Klopfsignal den Zylinderdruck zu bestimmen, da sich die Klopfensoren im Laufe der Entwicklung mit ihrer Präzision und Genauigkeit dahingehend entwickelt haben, dass über den Körperschall und die Schwingung der Brennkraftmaschine auf einzelne Betriebsparameter, wie beispielsweise das Zünden im Brennraum, rückgeschlossen werden kann und somit auch der Zylinderdruck im Brennraum über das Sensorsignal des Klopfensensors berechnet werden kann, wodurch sogar gänzlich auf einen Zylinderdrucksensor verzichtet werden kann, um eine Steuerung oder Regelung der Brennkraftmaschine durchzuführen.

[0010] Nachteilig daran hat sich jedoch herausgestellt, dass eine entsprechende Bestimmung des Zylinderdrucks über das Klopfsignal nicht nur Baugruppenindividuell, sondern sogar individuell für jede Brennkraftmaschine selbst ist, wodurch eine gewisse Anpassung eines Modells, um über das Klopfsignal zu einem Zylinderdruck zu gelangen, durchzuführen ist.

[0011] Jedoch hat sich weiters herausgestellt, dass sich die Berechnung des Zylinderdrucks über das Klopfsignal auch mit der Betriebsbedingung (beispielsweise einer Schwankung einer Brennstoffqualität) und/oder einer Alterung der Brennkraftmaschine verändert, wodurch es nur mit sehr hohem Anpassungsaufwand und entsprechender Kalibrierungsarbeit möglich ist, während des laufenden Betriebs der Brennkraftmaschine kontinuierlich eine zuverlässige Aussage über den Zylinderdruck über das Klopfsignal bereitzustellen zu können.

[0012] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, sowie eine Brennkraftmaschine bereitzustellen, bei welcher die zuvor genannten Problematiken des Standes der Technik zumindest teilweise verbessert werden können und/oder eine zuverlässige und aussagekräftige Möglichkeit geschaffen wird, Aufschluss über den herrschenden Zylinderdruck in einer Brennkraftmaschine während des laufenden Betriebs zu geben und/oder eine ökonomische als auch ökologische Variante zur Ermittlung eines Zylinderdrucks mit dennoch nötiger Genauigkeit umzusetzen.

[0013] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und des Anspruchs 11, einer Brennkraftmaschine - vorzugsweise einem Hubkolbenmotor - mit den Merkmalen des Anspruchs 12, einem Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 13, sowie einem computerlesbaren Speichermedium gelöst.

[0014] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ist es vorgesehen, dass ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine - insbesondere eines Hubkolbenmotors - folgende Schritte umfasst:

- Erheben eines Klopfsignals eines Klopfensensors,

- Erheben eines Zylinderdrucksignals eines Zylinderdrucksensors, welches Zylinderdrucksignal für einen im zumindest einen Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Zylinderdrucks repräsentativ ist,
- Ermittlung eines auf Basis eines Modells geschätzten Zylinderdrucks aus dem Klopfsignal,
- Unterziehen einer Plausibilitätsprüfung des Zylinderdrucksignals, und
- falls das Zylinderdrucksignal gemäß der Plausibilitätsprüfung nicht plausibel ist, den geschätzten Zylinderdruck für den Betrieb der Brennkraftmaschine zu verwenden.

[0015] Gemäß diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es möglich, einen Zylinderdrucksensor einzusetzen, welcher ein genaueres, repräsentatives Signal für den im Brennraum herrschenden Zylinderdruck liefert, wobei auch qualitativ nicht ganz hochwertige Sensormodelle zum Einsatz kommen können, da in gewissem Sinne eine Ausfallsicherung über den Klopfsensor und das Klopfsignal bereitgestellt wird.

[0016] So wird das Zylinderdrucksignal des Zylinderdrucksensors kontinuierlich auf seine Plausibilität durch die Plausibilitätsprüfung überprüft und, wenn das Zylinderdrucksignal des Zylinderdrucksensors nicht mehr plausibel ist, der - sozusagen als Ausfallschutz für den Zylinderdruck - geschätzte Zylinderdruck verwendet, um den weiteren Betrieb der Brennkraftmaschine gewährleisten zu können.

[0017] Auf diese Art und Weise kann eine Brennkraftmaschine auch weiterhin betrieben werden, wenn ein Zylinderdrucksensor ausfällt, was die ökonomische Betriebsweise der Brennkraftmaschine wesentlich erhöht.

[0018] Weiters ist es möglich, die Brennkraftmaschine so lange wie möglich mit möglichst genauen Zylinderdrucksignalen des Zylinderdrucksensors zu versorgen, um eine optimale Betriebsweise der Brennkraftmaschine ermöglichen zu können, was nicht nur die Emissionen verringern, sondern auch die Effizienz für einen möglichst ökologischen Betrieb erhöhen kann.

[0019] Im Zuge eines weiteren Aspekts der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass bei einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine - insbesondere eines Hubkolbenmotors - folgende Schritte ausgeführt werden:

- Erheben eines Klopfsignals eines Klopfensors,
- Erheben eines Zylinderdrucksignals eines Zylinderdrucksensors, welches Zylinderdrucksignal für einen im zumindest einen Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Zylinderdruck repräsentativ ist,
- Ermitteln eines geschätzten Zylinderdrucks auf Basis eines Modells aus dem Klopfsignal, und
- Adaptieren des Modells auf Basis des Zylinderdrucksignals, sodass sich der geschätzte Zylinderdruck an das Zylinderdrucksignal und/oder an den

zumindest einen Brennraum herrschenden Zylinderdruck annähert.

[0020] Auf diese Art und Weise kann im Zuge eines weiteren Aspekts der Erfindung während des laufenden Betriebs das Modelle, welches einen Zusammenhang zwischen dem Klopfsignal und dem herrschenden Zylinderdruck im Brennraum beschreibt, kontinuierlich adaptiert werden, sodass eine Alterung oder andere Veränderungen von Betriebsparameter keine Auswirkung auf die Genauigkeit des geschätzten Zylinderdrucks hinsichtlich des tatsächlichen im Brennraum herrschenden Zylinderdruck haben.

[0021] In besonders günstiger Art und Weise kann es vorgesehen sein, dass die zwei Aspekte der vorliegenden Erfindung miteinander kombiniert werden, wobei während des laufenden Betriebs das Modell, welches den Zusammenhang zwischen Klopfsignal und geschätztem Zylinderdruck beschreibt, kontinuierlich adaptiert wird und wenn ein durch den Zylinderdrucksensor gemessenes Zylinderdrucksignal nicht mehr plausibel erscheint, der weitere Betrieb der Brennkraftmaschine durch Berücksichtigung des geschätzten Zylinderdrucks fortgeführt werden kann.

[0022] Anders formuliert, kann im Rahmen der Erfindung bevorzugt durch die an und für sich gegenintuitive Maßnahme einen Zylinderdrucksensor und einen Klopfsensor zu verwenden, außerdem der Vorteil ausgenutzt werden, dass die Klopfsignale sehr lange und genau so kalibriert werden können, dass auch nach einem Ausfall des Zylinderdrucksensors über den Klopfsensor ein hochqualitatives Zylinderdrucksignal zur Verfügung steht.

[0023] Unter Brennkraftmaschinen können thermische Arbeitsmaschinen verstanden werden, bei welchen durch eine Verbrennung thermisch freiwerdende Energie in mechanische Arbeit umgesetzt wird, wie beispielsweise bei Otto-Motoren, Dieselmotoren, Gasturbinen, Heizkessel oder Ähnlichem.

[0024] Besonders günstig hat sich der Einsatz der Erfindung bei stationären Brennkraftmaschinen - vorzugsweise gasbetriebenen Hub-Kolben-Motoren - herausgestellt. Auch Marine-Anwendungen sind durchaus denkbar.

[0025] Brennkraftmaschinen, insbesondere stationäre Brennkraftmaschinen, können dazu eingesetzt werden, um Generatoren zur Stromerzeugung anzutreiben. Solche Einheiten mit einem von einer Brennkraftmaschine angetriebenen Generator werden oft auch als Gensets bezeichnet.

[0026] Eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine oder ein erfindungsgemäßes Verfahren kann seinen Einsatz bei bereits bestehenden Systemen des Standes der Technik, wie beispielsweise in der Beschreibungseinleitung beschrieben, finden und nachträglich installiert werden.

[0027] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0028] Es kann vorgesehen sein, dass - vorzugsweise falls das Zylinderdrucksignal gemäß der Plausibilitätsprüfung plausibel ist - das Modell auf Basis des Zylinderdrucksignals so adaptiert wird, dass sich der geschätzte Zylinderdruck an das Zylinderdrucksignal und/oder den im zumindest einen Brennraum herrschenden Zylinderdruck annähert.

[0029] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass - falls das Zylinderdrucksignal gemäß der Plausibilitätsprüfung plausibel ist - das Zylinderdrucksignal des Zylinderdrucksensors für den Betrieb der Brennkraftmaschine verwendet wird.

[0030] Es kann vorgesehen sein, dass das Verfahren zeitaufgelöst und/oder kurbelwinkelaufgelöst - vorzugsweise in Echtzeit - während des Betriebs der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.

[0031] Auch Ausführungsvarianten, bei welchen das Verfahren motorzyklusbasiert oder zu einem bestimmten Zeitpunkt des Zyklus durchgeführt wird (wobei beispielsweise das Verfahren durchgeführt wird, wenn die Daten vorliegen), ist durchaus denkbar.

[0032] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass der geschätzte Zylinderdruck und/oder das Zylinderdrucksignal des Zylinderdrucksensors für eine Steuerung oder Regelung der Brennkraftmaschine - besonders bevorzugt zur Annäherung an eine gewünschte Antriebsleistung, Energiebedarfs oder Emission der Brennkraftmaschine - herangezogen wird.

[0033] Es kann vorgesehen sind, dass die Plausibilität des Zylinderdrucksignals unter Zuhilfenahme zumindest eines weiteren ermittelten Betriebsparameters der Brennkraftmaschine ermittelt wird.

[0034] Ein solcher weiterer, ermittelter Betriebsparameter kann zumindest einer der folgenden Betriebsparameter sein:

- ein Zündzeitpunkt,
- eine Antriebsleistung und/oder ein Drehmoment,
- eine Winkelgeschwindigkeit und/oder eine Netzfrequenz eines durch die Brennkraftmaschine angetriebenen Generators oder damit verbundenen Netzes,
- ein Ladedruck,
- eine Ladelufttemperatur, und/oder
- eine Verbrennungstemperatur.

[0035] Es kann vorgesehen sein, dass der weitere, ermittelte Betriebsparameter als gemessenes Sensorsignal durch wenigstens einen Sensor und/oder durch eine Maschinensteuerung der Brennkraftmaschine bereitgestellt wird.

[0036] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass das Zylinderdrucksignal gemäß einer Plausibilitätsprüfung plausibel ist, wenn das Zylinderdrucksignal einen vordefinierten Zusammenhang zwischen einem Zylinderdrucksignal zu den weiteren ermittelten Betriebsparametern erfüllt, wobei besonders bevorzugt der Zusammenhang einen Wertebereich für das Zylinderdrucksignal

definiert.

[0037] Der Wertebereich kann einem definierten Zylinderdrucksignal für einen bestimmten Betriebsparameter +/- einem Toleranzbereich entsprechen.

[0038] Dieser Toleranzbereich kann vorzugsweise eine Messungenauigkeit, Verbrennungsindifferenz oder sonstige, anzunehmende und zu erwartende Werteabweichungen, welche eine annehmbare Schwankung betreffen, tolerieren.

[0039] Es kann auch vorgesehen sein, dass die Plausibilität des Zylinderdrucksignals ohne Zuhilfenahme eines weiteren Betriebsparameters der Brennkraftmaschine ermittelt wird.

[0040] Es kann beispielsweise die Plausibilität des Zylinderdrucksignals durch den Vergleich mit einem vordefinierten Maximum, Minimum und/oder einem Wertebereich festgestellt werden.

[0041] Es kann vorgesehen sein, dass der Vergleich des ermittelten Zylinderdrucksignals mit einer vorgegebenen Schleppeurve, welche vorzugsweise ohnehin während der Verbrennung mitberechnet wird, vonstattengeht, wobei das Zylinderdrucksignal nicht mehr plausibel erscheint, wenn es von der Schleppeurve zu weit abweicht.

[0042] Auch eine generelle Plausibilitätsprüfung ist durchaus vorstellbar, wobei beispielsweise negative Werte oder unerwartete Werte in bestimmten Bereichen des Zyklus der Verbrennung als nicht-plausibel gewertet werden.

[0043] Es kann vorgesehen sein, dass für den Betrieb der Brennkraftmaschine das Zylinderdrucksignal und/oder der geschätzte Zylinderdruck zur Steuerung oder Regelung einer Stellgröße des Verbrennungsmotors, vorzugsweise eines Zündzeitpunktes, eines Ladedrucks, einer zugeführten Brennstoffmenge, einer zugeführten Ladeluftmenge und/oder einer Abgasrückführrate, herangezogen wird.

[0044] Weiters wird Schutz begehrt für eine Brennkraftmaschine, vorzugsweise einen Hubkolbenmotor, umfassend:

- wenigstens einen Brennraum,
- einen am wenigstens einen Brennraum angeordneten Zylinderdrucksensor, welcher dazu ausgebildet ist, ein für einen im zumindest einen Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Zylinderdruck repräsentatives Zylinderdrucksignal zu ermitteln,
- wenigstens einen Klopfsensor, welcher dazu ausgebildet ist, ein repräsentatives Klopfsignal der Brennkraftmaschine, vorzugsweise des wenigstens einen Brennraumes, zu ermitteln, und
- wenigstens einer Steuer- oder Regelvorrichtung, welche dazu ausgebildet ist, ein Zylinderdrucksignal des Zylinderdrucksensors und das Klopfsignal des Klopfensors entgegenzunehmen,

wobei die Steuer- oder Regelvorrichtung weiters dazu ausgebildet ist, ein erfindungsgemäßes Verfahren aus-

zuführen.

[0045] Ebenfalls Schutz begehrt wird für ein Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die einen ausführenden Computer, insbesondere eine Steuer- oder Regelvorrichtung einer Brennkraftmaschine, dazu veranlassen:

- ein Klopfsignal eines Klopfensors entgegenzunehmen,
- ein für einen im zumindest einen Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Zylinderdruck repräsentatives Zylinderdrucksignal eines Zylinderdrucksensors entgegenzunehmen,
- auf Basis eines Modells einen geschätzten Zylinderdruck aus einem Klopfsignal zu ermitteln,
- das Zylinderdrucksignal einer Plausibilitätsprüfung zu unterziehen, und
- falls das Zylinderdrucksignal gemäß der Plausibilitätsprüfung nicht plausibel ist, den geschätzten Zylinderdruck für den Betrieb der Brennkraftmaschine zu verwenden oder auszugeben.

[0046] Weiters wird Schutz begehrt für ein computerlesbares Speichermedium, auf dem ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt gespeichert ist.

[0047] Weitere Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand der Figurenbeschreibung unter Bezugnahme auf die Figur näher erläutert.

[0048] Dabei zeigt Fig. 1 ein schematisches Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben einer Brennkraftmaschine.

[0049] Die Brennkraftmaschine umfasst in diesem Ausführungsbeispiel einen Klopfsensor 2, durch welchen ein Klopfsignal 1 erhoben werden, und einen Zylinderdrucksensor 4, durch welchen ein Zylinderdrucksignal 3 erhoben werden kann.

[0050] Das Zylinderdrucksignal 3 des Zylinderdrucksensors 4 ist dabei für einen in zumindest einen Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Zylinderdruck repräsentativ.

[0051] Der Klopfsensor 1 kann an der Brennkraftmaschine entsprechend zugehörig demselben Brennraum als auch der Zylinderdrucksensor 4 angeordnet sein (beispielsweise an einem Zylinderkopf des jeweiligen Brennraums) oder global ein Klopfsignal 1 für die gesamte Brennkraftmaschine erheben.

[0052] Das Klopfsignal 1 des Klopfensors 2 wird in einem ersten Schritt einem Signalfilter 10 zugeführt, welcher das Klopfsignal 1 des Klopfensors 2 entsprechend filtert und zur weiteren Verarbeitung aufbereitet, wobei Störgrößen gefiltert werden und das Sensorsignal entsprechend bereinigt werden, sowie das Sensorsignal gegebenenfalls in eine bevorzugte Signalgröße umgewandelt wird.

[0053] Anschließend wird das aufbereitete Klopfsignal 1 weiter an das Modell 5 geleitet, welches Modell 5 einen Zusammenhang zwischen dem aufbereiteten Klopfsig-

nal 1 und einem geschätzten Zylinderdruck 6 widerspiegelt, wodurch das gefilterte Klopfsignal 1 in einen geschätzten Zylinderdruck 6 umgewandelt wird.

[0054] Das Modell 5 kann hierbei noch weitere Betriebsparameter 9 der Brennkraftmaschine berücksichtigen, wobei beispielsweise das Klopfsignal 1 kurbelwinkel aufgelöst in einem geschätzten Zylinderdruck 6 weiterverarbeitet wird.

[0055] Beispielhaft können weitere Betriebsparameter 9 der Brennkraftmaschine ein Kurbelwinkel ω , ein Ladedruck P_2 , eine Ladelufttemperatur T_2 oder ein Zündzeitpunkt ITP sein.

[0056] Das Zylinderdrucksignal 3 wird nach der Messung durch den Zylinderdrucksensor 4 hin zu einer Plausibilitätsprüfung 7 geleitet, wobei das Zylinderdrucksignal 3 unter Zuhilfenahme weiterer Betriebsparameter 9 einer Plausibilitätsprüfung 7 unterzieht.

[0057] Die Plausibilitätsprüfung 7 umfasst eine Abfrage in diesem Ausführungsbeispiel, wobei ein definierter Wertebereich hinsichtlich der weiteren Betriebsparameter 9 dargestellt wird, wobei - wenn das Zylinderdrucksignal 3 diesem definierten Wertebereich entspricht - das Zylinderdrucksignal 3 als plausibel eingestuft wird und von der Plausibilitätsprüfung 7 die Weiche dermaßen eingestellt wird, dass das Zylinderdrucksignal 3 an die Steuer- oder Regelvorrichtung 8 der Brennkraftmaschine weitergeleitet wird.

[0058] Sofern das Zylinderdrucksignal 3 nicht als plausibel durch die Plausibilitätsprüfung 7 eingestuft wird, wird die Weiche umgestellt und anstelle des Zylinderdrucksignals 3 der geschätzte Zylinderdruck 6 an die Steuer- oder Regelvorrichtung 8 der Brennkraftmaschine weitergegeben, wobei auf Basis des geschätzten Zylinderdrucks 6 anstelle des Zylinderdrucksignals 3 die weitere Steuerung oder Regelung der Brennkraftmaschine erfolgt.

[0059] Durch die Plausibilitätsprüfung 7 kann somit beispielsweise ein Gebrechen des Zylinderdrucksensors 4 festgestellt werden und rechtzeitig eingelenkt werden, sodass fehlerhafte Zylinderdrucksignale 3 nicht zur Steuerung oder Regelung durch die Steuer- oder Regelvorrichtung 8 der Brennkraftmaschine herangezogen wird, wodurch gegebenenfalls eine fehlerhafte Steuerung oder Regelung der Brennkraftmaschine vorgenommen werden könnte.

[0060] Wenn jedoch die Plausibilitätsprüfung 7 ergibt, dass das Zylinderdrucksignal 3 plausibel erscheint, wird des Weiteren durch die Plausibilitätsprüfung 7 die Modelladaption 11 aktiviert.

[0061] Dieser Modelladaption 11 wird eine Differenz aus geschätztem Zylinderdruck 6 und Zylinderdrucksignal 3 zugeführt und auf Basis dieser Differenz durch die Modelladaption 11 das Modell 5 dermaßen adaptiert, dass der geschätzte Zylinderdruck 6 an das Zylinderdrucksignal 3 angenähert wird.

[0062] Durch eine entsprechende, kontinuierliche Adaption des Modells 5 - sofern das Zylinderdrucksignal 3 plausibel erscheint - kann eine Veränderung der Be-

triebsbedingungen, ein Verschleiß und/oder eine Alterung der Brennkraftmaschine in das Modell eingepflegt werden und sichergestellt werden, dass weiterhin ein passgenauer Zusammenhang durch das Modell 5 zwischen Klopfsignal 1 und Zylinderdruck bereitgestellt wird.

[0063] Nachdem durch die Plausibilitätsprüfung 7 entweder das Zylinderdrucksignal 3 oder der geschätzte Zylinderdruck 6 an die Steuer- oder Regelvorrichtung 8 der Brennkraftmaschine weitergeleitet wird, wird eine weitere Plausibilitätsabfrage 12 durchgeführt, welche eine zusätzliche Plausibilitätsüberprüfung unter Berücksichtigung weiterer Betriebsparameter 9 der Brennkraftmaschine durchführt, um sicherzustellen, dass das der Steuer- oder Regelvorrichtung 8 zugeführte Zylinderdrucksignal 3 oder der geschätzte Zylinderdruck 6 auch einer tatsächlichen Istgröße des Drucks im Brennraum entspricht.

[0064] Die Steuer- oder Regelvorrichtung 8 der Brennkraftmaschine kann anschließend auf Basis des charakteristischen Signals für den Druck im Brennraum eine entsprechende Steuerung oder Regelung der Brennkraftmaschine über Ausgabe der Stellgrößen 13 vornehmen, wobei beispielsweise eine Brennstoffmasse m_G , ein Zündzeitpunkt ITP, ein Zündaussetzen oder andere Veränderungen von Stellgrößen der Brennkraftmaschine vorgenommen werden können.

[0065] Das in Fig. 1 dargestellt Verfahren ist rein beispielhaft zu verstehen, wobei zu beachten ist, dass diese Verfahrensschritte beispielsweise durch entsprechende Software-Bausteine in die Steuer- oder Regelvorrichtung 8 der Brennkraftmaschine integriert werden kann.

[0066] Die Steuer- oder Regelvorrichtung 8 der Brennkraftmaschine kann beispielsweise als zentrale Maschinensteuerung der Brennkraftmaschine umgesetzt sein.

[0067] Weiters ist darauf zu verweisen, dass das in Fig. 1 dargestellte Verfahren individuell für jeden Brennraum der Brennkraftmaschine oder auch global über die gesamte Brennkraftmaschine vorgenommen werden kann.

Bezugszeichenliste:

[0068]

- | | |
|----|-------------------------------|
| 1 | Klopfsignal |
| 2 | Klopfsensor |
| 3 | Zylinderdrucksignal |
| 4 | Zylinderdrucksensor |
| 5 | Modell |
| 6 | geschätzter Zylinderdruck |
| 7 | Plausibilitätsprüfung |
| 8 | Steuer- oder Regelvorrichtung |
| 9 | Weiterer Betriebsparameter |
| 10 | Signalfilter |
| 11 | Modelladaption |
| 12 | Weitere Plausibilitätsabfrage |
| 13 | Stellgröße |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, wobei

- ein Klopfsignal (1) eines Klopfsensors (2) erhoben wird,
- ein Zylinderdrucksignal (3) eines Zylinderdrucksensors (4) erhoben wird, welches Zylinderdrucksignal (3) für einen in zumindest einem Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Zylinderdruck repräsentativ ist,
- auf Basis eines Modells (5) ein geschätzter Zylinderdruck (6) aus einem Klopfsignal (1) ermittelt wird,
- das Zylinderdrucksignal (3) einer Plausibilitätsprüfung (7) unterzogen wird, und
- falls das Zylinderdrucksignal (3) gemäß der Plausibilitätsprüfung (7) nicht plausibel ist, den geschätzten Zylinderdruck (6) für den Betrieb der Brennkraftmaschine zu verwenden.

2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei, vorzugsweise falls das Zylinderdrucksignal (3) gemäß der Plausibilitätsprüfung (7) plausibel ist, das Modell (5) auf Basis des Zylinderdrucksignals (3) so adaptiert wird, dass sich der geschätzte Zylinderdruck (6) an das Zylinderdrucksignal (3) und/oder den im zumindest einen Brennraum herrschenden Zylinderdruck annähert.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei falls das Zylinderdrucksignal (3) gemäß der Plausibilitätsprüfung (7) plausibel ist, das Zylinderdrucksignal (3) des Zylinderdrucksensors (4) für den Betrieb der Brennkraftmaschine verwendet wird.

4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren zeitaufgelöst und/oder kurbelwinkelaufgelöst, vorzugsweise in Echtzeit, während des Betriebs der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.

5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der geschätzten Zylinderdruck (6) und/oder das Zylinderdrucksignal (3) des Zylinderdrucksensors (4) für eine Steuer- oder Regelung der Brennkraftmaschine, vorzugsweise zur Annäherung an eine gewünschten Antriebsleistung, Energiebedarfs und/oder Emission der Brennkraftmaschine, herangezogen wird.

6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Plausibilität des Zylinderdrucksignals (3) unter Zuhilfenahme zumindest eines weiteren ermittelten Betriebsparameters (9) der Brennkraftmaschine ermittelt wird.

7. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei als weiterer ermittelter Betriebsparameter (9) zumindest einer der folgenden Betriebsparameter herangezogen wird:

- ein Zündzeitpunkt,
- eine Antriebsleistung und/oder ein Drehmoment,
- eine Winkelgeschwindigkeit und/oder eine Netzfrequenz,
- ein Ladedruck,
- eine Ladelufttemperatur, und/oder
- eine Verbrennungstemperatur.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei der weitere ermittelte Betriebsparameter (9) als gemessenes Sensorsignal durch wenigstens einen Sensor und/oder durch eine Steuer- oder Regelvorrichtung (8) der Brennkraftmaschine bereitgestellt wird.

9. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei das Zylinderdrucksignal (3) gemäß der Plausibilitätsprüfung (7) plausibel ist, wenn das Zylinderdrucksignal (3) einen vordefinierten Zusammenhang zwischen einem Zylinderdrucksignal (3) zu dem weiteren ermittelten Betriebsparameter (9) erfüllt, wobei vorzugsweise der Zusammenhang einen Wertebereich für das Zylinderdrucksignal (3) definiert.

10. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei für den Betrieb der Brennkraftmaschine das Zylinderdrucksignal (3) und/oder der geschätzte Zylinderdruck (6) zur Steuer- oder Regelung einer Stellgröße der Brennkraftmaschine, vorzugsweise eines Zündzeitpunktes, eines Ladedrucks, einer zugeführten Brennstoffmenge, einer zugeführten Ladeluftmenge und/oder einer Abgasrückführrate, herangezogen wird.

11. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- ein Klopfsignal (1) eines Klopfensors (2) erhoben wird,
- ein Zylinderdrucksignal (3) eines Zylinderdrucksensors (4) erhoben wird, welches Zylinderdrucksignal (3) für einen in zumindest einem Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Zylinderdruck repräsentativ ist,
- auf Basis eines Modells (5) ein geschätzter Zylinderdruck (6) aus dem Klopfsignal (1) ermittelt wird und
- das Modell (5) auf Basis des Zylinderdrucksignals (3) so adaptiert wird, dass sich der geschätzte Zylinderdruck (6) an das Zylinderdrucksignal (3) und/oder den im zumindest ei-

nen Brennraum herrschenden Zylinderdruck annähert.

12. Brennkraftmaschine, vorzugsweise Hubkolbenmotor, umfassend:

- wenigstens einen Brennraum,
- einem am wenigstens einen Brennraum angeordneten Zylinderdrucksensor (4), welcher dazu ausgebildet ist, ein für einen im zumindest einen Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Zylinderdruck repräsentatives Zylinderdrucksignal (3) zu ermitteln,
- wenigstens einen Klopfsensor (2), welcher dazu ausgebildet ist, ein repräsentatives Klopfsignal (1) der Brennkraftmaschine, vorzugsweise des wenigstens einen Brennraums, zu ermitteln, und
- wenigstens einer Steuer- oder Regelvorrichtung (8), welche dazu ausgebildet ist, das Zylinderdrucksignal (3) des Zylinderdrucksensors (4) und das Klopfsignal (1) des Klopfensors (2) entgegenzunehmen,

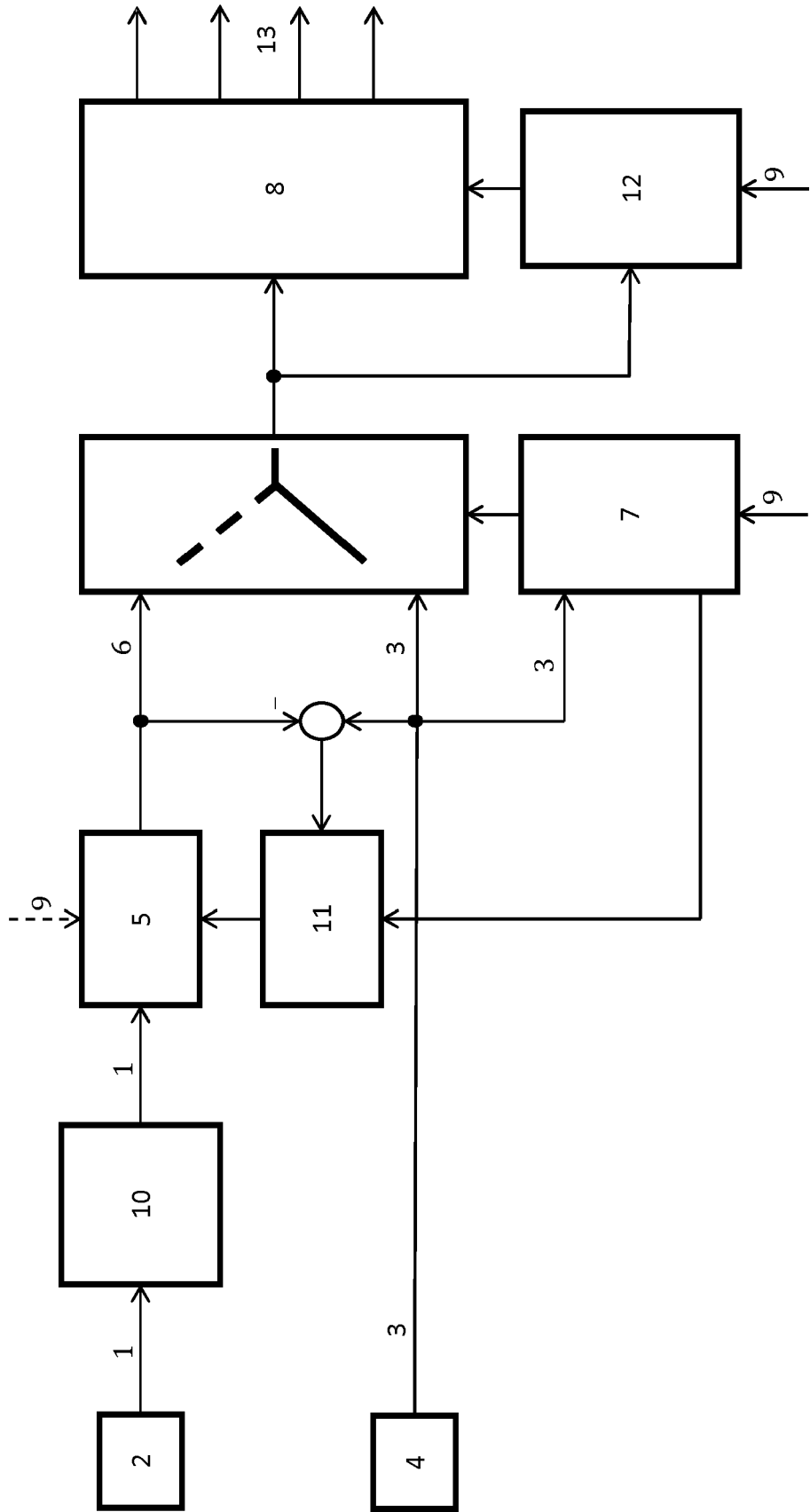
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuer- oder Regelvorrichtung (8) weiters dazu ausgebildet ist ein Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11 auszuführen.

13. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die einen ausführenden Computer, insbesondere eine Steuer- oder Regelvorrichtung (8) nach Anspruch 12, dazu veranlassen,

- ein Klopfsignal (1) eines Klopfensors (2) entgegenzunehmen,
- ein für einen in zumindest einem Brennraum der Brennkraftmaschine herrschenden Zylinderdruck repräsentatives Zylinderdrucksignal (3) eines Zylinderdrucksensors (4) entgegenzunehmen,
- auf Basis eines Modells (5) ein geschätzten Zylinderdruck (6) aus einem Klopfsignal (1) zu ermitteln,
- das Zylinderdrucksignal (3) einer Plausibilitätsprüfung (7) zu unterziehen, und
- falls das Zylinderdrucksignal (3) gemäß der Plausibilitätsprüfung (7) nicht plausibel ist, den geschätzten Zylinderdruck (6) für den Betrieb der Brennkraftmaschine zu verwenden oder auszugeben.

14. Computerlesbares Speichermedium, auf dem ein Computerprogrammprodukt gemäß Anspruch 13 gespeichert ist.

Fig. 1





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 24 16 3402

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 2018/320622 A1 (OOHATA EIICHIROU [JP]) 8. November 2018 (2018-11-08) * Absätze [0022] - [0096] * * Abbildungen 1,2,8,9, * -----	1-14	INV. F02D35/02 F02D41/22
Y	US 5 400 648 A (MAHR BERND [DE]) 28. März 1995 (1995-03-28) * Abbildungen 1-5 * * Spalte 2, Zeile 31 - Spalte 4, Zeile 29 * -----	1-14	
A	DE 35 05 210 A1 (JANSSEN UWE DIPL ING) 21. August 1986 (1986-08-21) * Abbildungen 1-4 * * Ansprüche 1-5 * -----	1-14	
A	WO 2017/091130 A1 (SCANIA CV AB [SE]) 1. Juni 2017 (2017-06-01) * Seite 5, Zeile 25 - Seite 7, Zeile 21 * * Zusammenfassung; Abbildungen 13-15 * -----	1-14	
A	DE 11 2016 004758 T5 (SCANIA CV AB [SE]) 5. Juli 2018 (2018-07-05) * Absätze [0020] - [0062] * -----	1-14	RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC) F02D
A	US 2012/150414 A1 (HUANG JIAN [CA]) 14. Juni 2012 (2012-06-14) * Absätze [0038] - [0061] * -----	1-14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 26. August 2024	Prüfer Röttger, Klaus
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 24 16 3402

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-08-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2018320622 A1	08-11-2018	CN 108350826 A	31-07-2018
		EP 3369918 A1	05-09-2018
		JP 6420915 B2	07-11-2018
		JP WO2017073340 A1	10-05-2018
		US 2018320622 A1	08-11-2018
		WO 2017073340 A1	04-05-2017

US 5400648 A	28-03-1995	DE 4006273 A1	26-09-1991
		EP 0517774 A1	16-12-1992
		JP 3084060 B2	04-09-2000
		JP H06505090 A	09-06-1994
		US 5400648 A	28-03-1995
		WO 9113333 A1	05-09-1991

DE 3505210 A1	21-08-1986	KEINE	

WO 2017091130 A1	01-06-2017	KEINE	

DE 112016004758 T5	05-07-2018	DE 112016004758 T5	05-07-2018
		SE 1551525 A1	24-05-2017

US 2012150414 A1	14-06-2012	AU 2010278627 A1	23-02-2012
		CA 2673216 A1	13-10-2009
		CN 102498378 A	13-06-2012
		EP 2459980 A1	06-06-2012
		US 2012150414 A1	14-06-2012
		WO 2011011868 A1	03-02-2011

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82