

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
17. September 2020 (17.09.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/182600 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/22 (2006.01) F02D 41/26 (2006.01)  
F02D 41/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/055824

(22) Internationales Anmeldedatum:  
05. März 2020 (05.03.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2019 203 376.8  
13. März 2019 (13.03.2019) DE

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

(72) **Erfinder: BURKHARDT, Thomas**; c/o Continental Automotive GmbH, Thomas-Dehler-Str. 27, 81737 München (DE). **HOLZEDER, Andreas**; c/o Continental Automotive GmbH, Thomas-Dehler-Str. 27, 81737 München (DE).

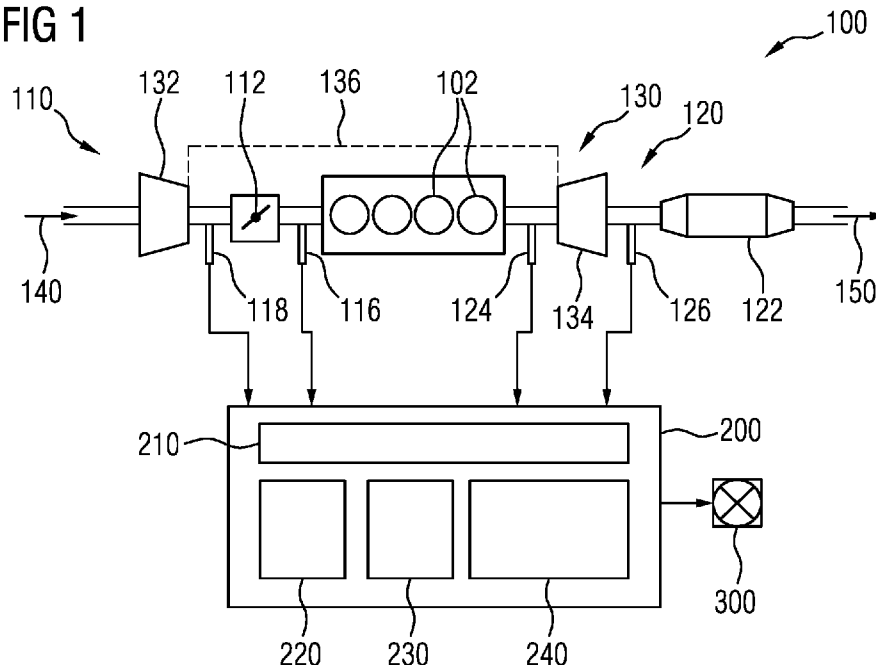
(74) **Anwalt: WALDMANN, Alexander**; c/o Continental Automotive GmbH, Postfach 22 16 39, 80506 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR DETECTING A POWER-CHANGING MANIPULATION OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERKENNEN EINER LEISTUNGSVERÄNDERNDEN MANIPULATION EINER BRENNKRAFTMASCHINE

FIG 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for detecting a power-changing manipulation of an internal combustion engine (100), wherein the internal combustion engine (100) has an intake section (110) and a pressure sensor (116, 118) which is arranged in the intake section (110), wherein the method comprises the following steps: - sensing a signal profile (440) over a specific time period with the pressure sensor (116, 118), wherein periodically repeating sensed signal profile sections (442) which are characteristic of periodically repeating pressure changes in the intake section (110) are determined from the sensed signal profile (440), - providing a modelled signal profile (430) over the specific time period from which periodically repeating, modelled signal profile sections (432) which are characteristic of expected periodically repeating pressure changes in the intake section (110) are determined, - comparing a signal component of a sensed signal profile section (442) with the corresponding signal component of the corresponding modelled

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

signal profile section (432) in order to detect the power-changing manipulation of the internal combustion engine (100).

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft Verfahren zum Erkennen einer leistungsverändernden Manipulation einer Brennkraftmaschine (100), wobei die Brennkraftmaschine (100) einen Ansaugtrakt (110) und einen Drucksensor (116, 118) aufweist, der in dem Ansaugtrakt (110) angeordnet ist, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: - Erfassen eines Signalverlaufs (440) über eine bestimmte Zeitspanne mit dem Drucksensor (116, 118), wobei aus dem erfassten Signalverlauf (440) sich periodisch wiederholende erfasste Signalverlaufabschnitte (442) ermittelt werden, die charakteristisch für sich periodisch wiederholende Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt (110) sind, - Bereitstellen eines modellierten Signalverlaufs (430) über die bestimmte Zeitspanne, aus dem sich periodisch wiederholende modellierte Signalverlaufabschnitte (432) ermittelt werden, die charakteristisch für erwartete sich periodisch wiederholende Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt (110) sind, - Vergleichen eines Signalteiles eines erfassten Signalverlaufabschnitts (442) mit dem entsprechenden Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts (432), zum Erkennen der leistungsverändernden Manipulation der Brennkraftmaschine (100).

## Beschreibung

### Verfahren und Vorrichtung zum Erkennen einer leistungsverändernden Manipulation einer Brennkraftmaschine

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen einer leistungsverändernden Manipulation einer Brennkraftmaschine. Die Brennkraftmaschine weist dazu einen Ansaugtrakt und einen Drucksensor auf, wobei der Drucksensor in dem Ansaugtrakt angeordnet ist.

10

Eine Steuerung der Brennkraftmaschine kann derart gestaltet sein, dass eine Menge eines einzuspritzenden Kraftstoffes aus einer modellierten Zylinderluftmasse berechnet wird. Um ein gewünschtes Emissionsverhalten der Verbrennung zu erreichen, wird das Luft-Kraftstoffverhältnis im Zylinder vor der

15

Verbrennung dementsprechend geregelt. Dabei wird die einzuspritzende Kraftstoffmenge zumeist aufgrund der mit einem Abgassensor gemessenen Sauerstoffkonzentration im Abgas automatisiert angepasst, sodass das gewünschte Luft-Kraftstoffverhältnis eingestellt wird. Wird aufgrund einer Manipulation der Brennkraftmaschine die Luftmasse im Zylinder erhöht, dann wird folglich automatisch die Kraftstoffmenge derart erhöht, dass das gewünschte Luft-Kraftstoffverhältnis eingestellt ist. Dadurch kann die Leistung der Brennkraftmaschine gesteigert werden. Allerdings wird aufgrund einer solchen Manipulation die Brennkraftmaschine außerhalb ihres vorbestimmten Betriebsbereichs betrieben, wodurch die Brennkraftmaschine beschädigt werden

20

kann.

Es ist beispielsweise denkbar, dass mit Hilfe einer Manipulationsvorrichtung Messsignale der Drucksensoren im Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine derart modifiziert werden, dass die maximale Luftmasse im Zylinder erhöht werden kann.

30

Mittels einer solchen Manipulationsvorrichtung kann einem Steuergerät ein falscher Druck übermittelt werden, woraufhin das Steuergerät die Brennkraftmaschine derart steuert, dass sie außerhalb ihres vorbestimmten Betriebsbereichs betrieben wird.

Eine Brennkraftmaschine die außerhalb ihres vorbestimmten Betriebsbereichs betrieben wird, kann beschädigt werden.

5 Dokument DE 10 2012 001 356 A1 offenbart eine Brennkraftmaschinenvorrichtung eines Kraftfahrzeugs, mit zumindest einer Ladedrucksensoreinheit, die dazu vorgesehen ist, einen Ist-Ladedruck in einer Ansaugleitung einer aufgeladenen Brennkraftmaschine zumindest indirekt zu erfassen, und mit einer Steuer-/ oder Regeleinheit, die kommunizierend mit der zumindest einen Ladedrucksensoreinheit verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuer-/ oder Regeleinheit dazu  
10 vorgesehen ist, in zumindest einem Betriebszustand den Ist-Ladedruck mit zumindest einem Prüfwert zu vergleichen.

Dokument DE 10 2011 108 697 A1 offenbart ein Verfahren zum Erkennen der Manipulation eines Motorsteuergeräts eines Kraftfahrzeugs wobei ein berechneter  
15 Referenzwert für die Beschleunigung mit einem gemessenen tatsächlichen Beschleunigungswert verglichen wird.

Aufgabe der Erfindung ist, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit dem bzw. mit der eine sichere Erkennung einer leistungsverändernden Manipulation  
20 einer Brennkraftmaschine möglich ist.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Offenbarung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

25

Gemäß der vorliegenden Offenbarung weist ein Verfahren zum Erkennen einer leistungsverändernden Manipulation einer Brennkraftmaschine, wobei die Brennkraftmaschine einen Ansaugtrakt und einen Drucksensor aufweist, der in dem Ansaugtrakt angeordnet ist, folgende Schritte auf:

30 - Erfassen eines Signalverlaufs über eine bestimmte Zeitspanne mit dem Drucksensor, wobei aus dem erfassten Signalverlauf sich periodisch wiederholende erfasste Signalverlaufabschnitte ermittelt werden, die charakteristisch für sich periodisch wiederholende Druckveränderungen in dem

Ansaugtrakt sind,

- Bereitstellen eines modellierten Signalverlaufs über die bestimmte Zeitspanne, aus dem sich periodisch wiederholende modellierte Signalverlaufabschnitte ermittelt werden, die charakteristisch für erwartete sich periodisch wiederholende Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt sind,
- Vergleichen mindestens eines Signalteiles des erfassten Signalverlaufabschnitts, der charakteristisch für die Druckveränderung in dem Ansaugtrakt einer Periode des erfassten Signalverlaufs ist, mit einem entsprechenden Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts, der charakteristisch für die erwartete Druckveränderung in dem Ansaugtrakt während derselben Periode ist, zum Erkennen der leistungsverändernden Manipulation der Brennkraftmaschine.

Der Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine führt der Brennkraftmaschine im Betrieb der Brennkraftmaschine Luft für die Verbrennung zu. Der Drucksensor, der in dem Ansaugtrakt angeordnet ist, erfasst den vorherrschenden Druck in dem Ansaugtrakt der der Brennkraftmaschine im Betrieb zugeführten Luft. Der Drucksensor gibt diesbezüglich ein Messsignal aus, dass charakteristisch für den in dem Ansaugtrakt herrschenden Luftdruck ist. Der Luftdruck in dem Ansaugtrakt verändert sich über die Zeit im Betrieb der Brennkraftmaschine. Werden beispielsweise Lufteinlassventile der Brennkraftmaschine, die die Luftzufuhr aus dem Ansaugtrakt in die Zylinder steuern, geöffnet, sinkt der Luftdruck in dem Ansaugtrakt entsprechend ab. Eine solche Luftdruckveränderung kann beispielsweise von dem Drucksensor erfasst werden. Weist die Brennkraftmaschine mehrere Zylinder auf, dann weist die Brennkraftmaschine zu jedem Zylinder zugehörige Lufteinlassventile auf, die entsprechend angesteuert Luft in die Zylinder der Brennkraftmaschine im Betrieb strömen lassen. Demgemäß ändert sich der Luftdruck in dem Ansaugtrakt unter anderem entsprechend der Ansteuerung und der Anzahl der Zylinder bzw. der Einlassventile. Gemäß einer Ausführungsform ist der Drucksensor ein Saugrohrdrucksensor, der in Luftströmungsrichtung stromauf der Lufteinlassventile der Brennkraftmaschine angeordnet ist. Gemäß einer Ausführungsform ist der Saugrohrdrucksensor unmittelbar in Luftströmungsrichtung stromauf der Lufteinlassventile angeordnet. Gemäß einer anderen Ausführungsform ist der

- Drucksensor ein Ladedrucksensor, der in Luftströmungsrichtung stromab eines Verdichters eines Abgasturboladers und stromauf einer Drosselklappe angeordnet ist. Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der Ladedrucksensor in Luftströmungsrichtung unmittelbar stromab des Verdichters des Abgasturboladers angeordnet. Gemäß einer weiteren Ausführungsform können in dem Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine auch eine Mehrzahl an Drucksensoren angeordnet sein, dabei kann beispielsweise einer der Drucksensoren ein Saugrohrdrucksensor und ein anderer der Drucksensoren ein Ladedrucksensor sein.
- 10 Gemäß der vorliegenden Offenbarung wird ein Signalverlauf mit dem Drucksensor erfasst. Zudem werden aus dem erfassten Signalverlauf sich periodisch wiederholende erfasste Signalverlaufabschnitte ermittelt. Die erfassten Signalverlaufabschnitte sind charakteristisch für die sich periodisch wiederholenden Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt über eine bestimmte Zeitspanne. Die
- 15 Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt aufgrund der sich öffnenden Lufteinlassventile sind im Wesentlichen periodisch. Eine Periode ist dabei das kleinste zeitliche Intervall, nachdem sich der Vorgang wiederholt. Weist beispielsweise die Brennkraftmaschine 2 Zylinder auf, dann beginnt beispielsweise eine Periode, wenn sich ein Lufteinlassventil einer der beiden Zylinder das erste Mal
- 20 öffnet und die Periode endet, sobald das selbe Einlassventil wieder kurz vor dem Öffnen steht. Eine Periode entspricht folglich einem Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine. Aus dem erfassten Signalverlauf des Drucksensors können folglich relativ einfach Signalverlaufabschnitte ermittelt werden, die charakteristisch für die sich periodisch wiederholenden Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt
- 25 sind, indem der erfasste Signalverlauf den Arbeitsspielen entsprechend unterteilt und zugeordnet wird. Einer der erfassten Signalverlaufabschnitte entspricht folglich einer Periode der sich wiederholenden Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt.
- Gemäß der vorliegenden Offenbarung wird der modellierte Signalverlauf
- 30 bereitgestellt, aus dem die sich periodisch wiederholenden modellierten Signalverlaufabschnitte ermittelt werden. Die modellierten Signalverlaufabschnitte sind dabei charakteristisch für erwartete sich periodisch wiederholende Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt. Der modellierte Signalverlauf ist gemäß

einer Ausführungsform in einem Speicher einer Steuereinheit hinterlegt und wird aus dem Speicher ausgelesen und weiterverarbeitet. Der modellierte Signalverlauf wird beispielsweise bei der Entwicklung der Brennkraftmaschine für verschiedenste Betriebszustände der Brennkraftmaschine ermittelt und demgemäß in dem

- 5 Speicher hinterlegt. Bei sich ändernden Parametern der Brennkraftmaschine wie beispielsweise Drehzahl oder Last und bei sich ändernden Umgebungsparametern wie beispielsweise Umgebungstemperatur oder Umgebungsdruck, ändert sich der erwartete Luftdruck in dem Ansaugtrakt und dementsprechend sollte der bereitgestellte modellierte Signalverlauf angepasst werden. Gemäß einer
- 10 Ausführungsform berücksichtigt der modellierte Signalverlauf solche Parameter, sodass für sämtliche Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine der entsprechende modellierte Signalverlauf bereitgestellt wird. Ebenso wie aus dem erfassten Signalverlauf die erfassten Signalverlaufabschnitte ermittelt werden, werden aus dem modellierten Signalverlauf die modellierten
- 15 Signalverlaufabschnitte ermittelt. Gemäß einer anderen Ausführungsform können auch unmittelbar die modellierten Signalverlaufabschnitte bereitgestellt werden.

- Gemäß der vorliegenden Offenbarung wird eines der Signalteile eines erfassten Signalverlaufabschnitts mit dem entsprechenden Signalteil des entsprechenden
- 20 modellierten Signalverlaufabschnitts verglichen. Dabei ist der erfasste Signalverlaufabschnitt charakteristisch für die Druckveränderung in dem Ansaugtrakt während einer Periode, beispielsweise während eines Arbeitsspiels. Zudem ist der entsprechende modellierte Signalverlaufabschnitt charakteristisch für die erwartete Druckveränderung in dem Ansaugtrakt während derselben Periode.
- 25 Es wird folglich das Signalteil des erfassten Signalverlaufabschnitts mit dem entsprechenden Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts verglichen. Ein Signalteil ist beispielsweise ein charakteristischer Signalausschlag, eine charakteristische Gradientenänderung, ein lokales oder globales Maximum, ein lokales oder globales Minimum, eine
- 30 Amplitude, oder eine Phase der entsprechenden Signalverlaufabschnitte. Ist der zu vergleichende Signalteil des erfassten Signalverlaufabschnitts dessen globales Maximum, dann ist das Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts auch dessen globales Maximum.

Der modellierte Signalverlauf ist bestimmbar, beispielsweise im Laufe des Entwicklungsprozesses der Brennkraftmaschine auf einem Prüfstand, sodass relativ einfach der modellierte Signalverlauf bereitgestellt werden kann. Ebenso ist es sehr einfach aus dem bereitgestellten modellierten Signalverlauf die sich

5 periodisch wiederholenden modellierten Signalverlaufabschnitte zu ermitteln, indem bevorzugt der Signalverlauf anhand mittels der entsprechenden Periode in die modellierten Signalverlaufabschnitte unterteilt wird.

- 10 Wurde die Brennkraftmaschine manipuliert, um beispielsweise eine höhere Leistung aus der Brennkraftmaschine zu erzielen, kann es sein, dass die Brennkraftmaschine außerhalb ihres vorbestimmten Betriebsbereichs betrieben wird. Eine höhere Leistung kann beispielsweise dadurch erzielt werden, indem der Druck in dem Ansaugtrakt und folglich auch der Druck in den Zylindern der Brennkraftmaschine erhöht wird. Eine derartige Veränderung des Drucks in dem
- 15 Ansaugtrakt kann in einem Signalteil des erfassten Signalverlaufsabschnitts erkannt werden. Wird nun der entsprechende Signalteil des erfassten Signalverlaufsabschnitts mit dem entsprechenden Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufsabschnitts verglichen, kann beispielsweise ein erhöhter Druck im Vergleich zu dem entsprechenden modellierten Zustand der
- 20 Brennkraftmaschine erkannt werden. Aufgrund des erhöhten Drucks in dem Ansaugtrakt kann auf die leistungsverändernde Manipulation der Brennkraftmaschine rückgeschlossen werden. Eine derartige Erkennung ist vergleichsweise einfach und zuverlässig und kann über den gesamten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine erfolgen. Es ist somit möglich, auf eine
- 25 recht einfache und zuverlässige Art und Weise zu erkennen, ob die Brennkraftmaschine manipuliert ist, allein mittels der Erfassung eines Signalverlaufs mit dem Drucksensor, dem Bereitstellen des modellierten Signalverlaufs und der Auswertung der beiden Verläufe.
- 30 Gemäß einer Ausführungsform wird bei dem Vergleich des Signalteils des erfassten Signalverlaufabschnitts mit dem entsprechenden Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts eine Signaleildifferenz berücksichtigt, die der zeitlichen Differenz zwischen dem Signalteil des erfassten Signalverlaufabschnitts

und dem Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts entspricht. Ist beispielsweise das Signalteil des erfassten Signalverlaufabschnitts das globale Maximum in dem erfassten Signalverlaufabschnitt und ist folglich das entsprechende Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts dessen globales Maximum dann kann die Signalteildifferenz dadurch berechnet werden, indem der Zeitpunkt des Auftretens des globalen Maximums in dem erfassten Signalverlaufabschnitt mit dem Zeitpunkt des Auftretens des globalen Maximums in dem modellierten Signalverlaufabschnitt voneinander abgezogen wird. Die Signalteildifferenz ist demgemäß die zeitliche Differenz zwischen dem Auftreten des einen globalen Maximums und des anderen globalen Maximums. Wird beispielsweise der Drucksensor der Brennkraftmaschine und/oder die Übertragung des Messsignals des Drucksensors an die Steuereinheit derart manipuliert, dass ein zeitlicher Verzug in dem erfassten Signalverlauf in Bezug zum modellierten Signalverlauf erkennbar ist, kann folglich gemäß dieser Ausführungsform sehr einfach erkannt werden, dass die Brennkraftmaschine leistungsverändernd manipuliert ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die leistungsverändernde Manipulation an der Brennkraftmaschine erkannt, wenn die Signalteildifferenz einen ersten Schwellenwert übersteigt. Die Signalteildifferenz kann gemäß einer Ausführungsform laufend von der Steuereinheit der Brennkraftmaschine ausgewertet werden und diese Auswertung kann dementsprechend mit dem ersten Schwellenwert verglichen werden. Sobald die Signalteildifferenz einen Schwellenwert übersteigt, kann dementsprechend auf die leistungsverändernde Manipulation der Brennkraftmaschine geschlossen werden. Ein derartiger Vergleich kann vergleichsweise einfach realisiert werden und gibt zuverlässig an, ob die Brennkraftmaschine manipuliert ist.

Gemäß einer Ausführungsform wird aus dem ersten Signalverlaufabschnitt mit Hilfe einer Fourier-Transformation eine erfasste Signalverlauffunktion entwickelt, die charakteristisch für den erfassten Signalverlaufabschnitt ist. Zusätzlich wird gemäß dieser Ausführungsform eine Phase der erfassten Signalverlauffunktion ermittelt und die ermittelte Phase wird als das Signalteil des erfassten

Signalverlaufabschnitts mit einer modellierten Phase als entsprechendes Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts verglichen, wobei die modellierte Phase als Teil des modellierten Signalverlaufabschnitts bereitgestellt wird.

5

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die modellierte Phase auch aus dem entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitt ermittelt werden. Mittels der Fourier-Transformation kann aus dem erfassten Signalverlaufabschnitt die erfasste Signalverlauffunktion entwickelt werden. Demgemäß ist die erfasste

- 10 Signalverlauffunktion charakteristisch für den erfassten Signalverlaufabschnitt und dementsprechend auch charakteristisch für die Druckänderungen in dem Ansaugtrakt während einer Periode. Mittels der Fourier-Transformation können die entsprechenden Signaleile der Signalverlauffunktion einfacher identifiziert werden, sodass der Vergleich der entsprechenden Signaleile aus den
- 15 Signalverlauffunktionen vereinfacht ist. Dementsprechend ist das Verfahren zur Erkennung der leistungsverändernden Manipulation der Brennkraftmaschine robuster und zuverlässiger.

- Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Fourier-Transformation eine
- 20 diskrete Fourier-Transformation.

- Gemäß einer Ausführungsform wird genau eine Phase der erfassten Signalverlauffunktion als Signalteil mit der entsprechenden modellierten Phase des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts verglichen. Dabei ist der
- 25 modellierte Signalverlauf beziehungsweise der modellierte Signalverlaufabschnitt derart bereitgestellt, dass daraus die modellierte Phase, die mit der ermittelten Phase verglichen werden kann, ermittelt werden kann. Eine Phase ist die Position eines entsprechenden Punktes zu einer bestimmten Zeit in einem Signalverlaufabschnitt oder in einer Signalverlauffunktion. Weicht der Vergleich von
- 30 vorbestimmten Werten ab, kann dementsprechend auf die Manipulation der Brennkraftmaschine rückgeschlossen werden. Die modellierte Phase als Signalteil des modellierten Signalverlaufabschnitts kann gemäß einer Ausführungsform in

dem Speicher hinterlegt und aus dem Speicher für den Vergleich bereitgestellt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird aus dem modellierten

- 5 Signalverlaufabschnitt mithilfe einer Fourier-Transformation eine modellierte Signalverlauffunktion entwickelt, die charakteristisch für die erwarteten sich periodisch wiederholenden Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt ist. Zusätzlich wird die modellierte Phase aus der modellierten Signalverlauffunktion ermittelt und bereitgestellt. Es ist denkbar, dass in dem Speicher die modellierten
- 10 Signalverlaufabschnitte hinterlegt werden und dass mittels einer Recheneinheit aus dem Signalverlaufabschnitten mithilfe der Fourier-Transformation die modellierte Signalverlauffunktion entwickelt wird, damit das entsprechende Signalteil der modellierten Signalverlauffunktion mit dem entsprechenden Signalteil der erfassten Signalverlauffunktion vereinfacht verglichen werden können. Aus der modellierten
- 15 Signalverlauffunktion kann die modellierte Phase ermittelt werden die zum Vergleich mit der ermittelten Phase benötigt wird, damit der Vergleich durchgeführt werden kann, um zu erkennen, ob die Brennkraftmaschine manipuliert ist. Somit kann sichergestellt werden, dass immer miteinander vergleichbare Signaleile miteinander verglichen werden.

20

Gemäß einer Ausführungsform wird der modellierte Signalverlauf als ein Kennfeld bereitgestellt, das Betriebsparameter der Brennkraftmaschine berücksichtigt.

- Betriebsparameter der Brennkraftmaschine können beispielsweise eine Drehzahl oder eine Last sein. Entsprechend der Betriebsparameter der Brennkraftmaschine
- 25 wird gemäß dieser Ausführungsform der modellierte Signalverlauf angepasst, sodass der entsprechende modellierte Signalverlaufabschnitt oder die entsprechende modellierte Signalverlauffunktion mit dem erfassten Signalverlaufabschnitt oder der erfassten Signalverlauffunktion verglichen werden kann. Das Kennfeld kann gemäß einer Ausführungsform ein mathematisches
- 30 Modell sein, das in Abhängigkeit von den Betriebsparametern der Brennkraftmaschine und/oder in Abhängigkeit von Umgebungsparametern den modellierten Signalverlauf und/oder den modellierten Signalverlaufabschnitt und/oder die modellierte Signalverlauffunktion und/oder den entsprechenden

Signalteil bereitstellt. Es ist folglich auf sehr einfache Art und Weise möglich, auch bei unterschiedlichen Betriebspunkten der Brennkraftmaschine, eine leistungsverändernde Manipulation der Brennkraftmaschine festzustellen.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Phase des modellierten Signalverlaufabschnitts in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter der Brennkraftmaschine bereitgestellt. Wie bereits beschrieben ist es denkbar, dass die Phase des modellierten Signalverlaufs als das Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufs bereitgestellt wird, um mit der ermittelten Phase des
- 10 erfassten Signalverlaufabschnitts verglichen zu werden. Es ist denkbar, dass die ermittelte Phase sich in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine wie beispielsweise der Drehzahl und/oder der Last verändert. Dementsprechend muss sich ebenso die modellierte Phase in Abhängigkeit der Betriebsparameter der Brennkraftmaschine verändern, damit ein sinnvoller
- 15 Vergleich zum Erkennen der leistungsverändernden Manipulation der Brennkraftmaschine durchgeführt werden kann. Demgemäß kann auch bei sich ändernden Betriebsparametern die modellierte Phase bereitgestellt werden, sodass auch bei sich ändernden Betriebsparametern das Verfahren robust und zuverlässig die Manipulation der Brennkraftmaschine erkennt.
- 20 Gemäß einer Ausführungsform wird zum Vergleich des Signalteils des erfassten Signalverlaufabschnitts mit dem entsprechenden Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts eine Phasendifferenz der ermittelten Phase als Signalteil des erfassten Signalverlaufabschnitts und der modellierten Phase als
- 25 Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts ermittelt. Die Phasendifferenz der ermittelten Phase und der modellierten Phase ist die zeitliche Differenz zwischen einem charakteristischen Signalabschnitt, wie beispielsweise einem Nulldurchgang des erfassten Signalverlaufabschnitts, und dem entsprechenden charakteristischen Signalabschnitt, wie beispielsweise dem
- 30 entsprechenden Nulldurchgang des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts. Die Phasendifferenz ist folglich charakteristisch für den zeitlichen Versatz des Auftretens von charakteristischen Signalabschnitten des modellierten Signalverlaufabschnitts und des entsprechenden erfassten

Signalverlaufabschnitts. Weicht der erfasste Signalverlaufabschnitt zeitlich von dem modellierten Signalverlaufabschnitt ab, ist dies mittels der Ermittlung der Phasendifferenz identifizierbar. Bei einer zu starken Abweichung, kann auf die Manipulation der Brennkraftmaschine geschlossen werden.

5

Gemäß einer Ausführungsform wird die ermittelte Phasendifferenz mit einem Phasendifferenzschwellenwert verglichen und die leistungsverändernde Manipulation der Brennkraftmaschine wird erkannt, wenn die ermittelte Phasendifferenz den Phasendifferenzschwellenwert übersteigt. Der

10 Phasendifferenzschwellenwert kann beispielsweise in dem Speicher hinterlegt sein und laufend mit der ermittelten Phasendifferenz verglichen werden. Sobald erkannt wird, dass die ermittelte Phasendifferenz den Phasendifferenzschwellenwert übersteigt, kann darauf geschlossen werden, dass die Brennkraftmaschine manipuliert ist. Demgemäß ist es sehr einfach mittels dieses Vergleichs  
15 festzustellen, ob die Brennkraftmaschine manipuliert ist.

Gemäß einer Ausführungsform können die Schwellenwerte der vorliegenden Offenbarung auch ein Grenzband sein, wobei die leistungsverändernde Manipulation der Brennkraftmaschine erkannt wird, wenn der mit dem Grenzband  
20 zu vergleichenden Wert aus dem Grenzband ausbricht.

Gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Vorrichtung zum Erkennen einer leistungsverändernden Manipulation einer Brennkraftmaschine eine Steuereinheit auf, die zur Steuerung eines vorgenannten Verfahrens eingerichtet ist. Die  
25 Vorrichtung kann beispielsweise eine Motorsteuereinheit sein. Es ist auch denkbar, dass die Vorrichtung ein Teil der Motorsteuereinheit ist oder als zusätzliche Steuereinheit verbaut ist, beispielsweise in einem Fahrzeug mit der Brennkraftmaschine.

30 Ausführungsbeispiele der vorliegenden Offenbarung sind in den Figuren dargestellt und werden anhand der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung ein Blockschaltbild einer Brennkraftmaschine,

Fig. 2 ein Diagramm zum Erkennen einer leistungsverändernden Manipulation einer Brennkraftmaschine.

Die Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Brennkraftmaschine 100 mit mehreren Zylindern 102, wobei die Brennkraftmaschine 100 zum Beispiel eingerichtet ist, ein Fahrzeug anzutreiben. Die Brennkraftmaschine 100 weist einen Ansaugtrakt 110 auf. Der Ansaugtrakt 110 führt der Brennkraftmaschine Luft 140 im Betrieb zu. Zur Steuerung der Luftzufuhr im Betrieb der Brennkraftmaschine 100 weist der Ansaugtrakt 110 eine Drosselklappe 112 auf.

Die Brennkraftmaschine 100 weist zusätzlich einen Abgastrakt 120 auf. Der Abgastrakt weist einen Abgaskatalysator 122 auf. Der Abgastrakt 120 weist zusätzlich einen Abgasdrucksensor 124 und einen Abgassensor 126 auf. Der Abgasdrucksensor 124 ist dazu eingerichtet den Druck eines Abgases 150 in dem Abgastrakt zu erfassen. Der Abgassensor 126 ist dazu eingerichtet, ein Messsignal zu erfassen, das charakteristisch für den Sauerstoffanteil in dem Abgas 150 ist. Die Brennkraftmaschine 100 weist gemäß dieser Ausführungsform einen Abgasturbolader 130 auf. Der Abgasturbolader 130 weist einen Verdichter 132 und eine Turbine 134 auf. Der Verdichter 132 ist mit der Turbine 134 mittels einer Welle 136 mechanisch verbunden. Die Turbine 134 ist in dem Strömungsweg des Abgases 150 angeordnet und wird mittels des Abgases 150 angetrieben. Der Verdichter 132 verdichtet im Betrieb der Brennkraftmaschine 100 die Luft 140, bevor diese in die Zylinder 102 eingeführt wird.

Der Ansaugtrakt 110 weist gemäß dieser Ausführungsform Drucksensoren 116, 118 auf. Einer der Drucksensoren 116, 118 ist ein Saugrohrdrucksensor 116 und der andere der Drucksensoren 116, 118 ist ein Ladedrucksensor 118. Der Saugrohrdrucksensor 116 ist im Strömungsweg der Luft 140 zwischen der Drosselklappe 112 und Einlassventilen der Zylinder 102 angeordnet. Der Ladedrucksensor 118 ist in dem Strömungsweg der Luft 140 stromauf der

Drosselklappe 112 und stromab des Verdichters 132 angeordnet. Der Saugrohrdrucksensor 116 und der Ladedrucksensor 118 erfassen im Betrieb der Brennkraftmaschine 100 den an den jeweiligen Verbaupositionen der Sensoren 116, 118 vorherrschenden Druck der Luft 140.

5

Die Brennkraftmaschine 100 gemäß dieser Ausführungsform weist zusätzlich eine Steuereinheit 200 auf, die eine Recheneinheit 210, einen Programmspeicher 220, einen Datenspeicher 230 und einen Fehlerspeicher 240 aufweist. Die Steuereinheit 200 ist unter anderem dazu eingerichtet, die Messsignale des

10 Saugrohrdrucksensors 116, des Ladedrucksensors 118, des Abgasdrucksensors 124 und des Abgassensors 126 zu verarbeiten und dementsprechend die Brennkraftmaschine 100 zu steuern.

Die Steuerung der Brennkraftmaschine 100 kann beispielsweise mittels der  
15 Steuerung der Drosselklappe 112 verfolgen. Erfasst beispielsweise der Abgassensor 126, dass der Sauerstoffanteil in dem Abgas 150 im Betrieb der Brennkraftmaschine 100 verhältnismäßig niedrig ist, wird von der Steuereinheit erkannt, dass in der Brennkraftmaschine 100 eine zu fette Verbrennung stattfindet, woraufhin die Brennkraftmaschine 100 derart gesteuert wird, dass die Luftzufuhr  
20 erhöht wird. Diesbezüglich kann die Drosselklappe 112 entsprechend angesteuert werden, sodass das gewünschte Luft-/Kraftstoffverhältnis für die gewünschte Verbrennung in den Zylindern 102 entsprechend eingestellt wird.

Die Steuereinheit 200 ist dazu eingerichtet die Brennkraftmaschine 100 mittels der  
25 Recheneinheit 210, die mit Programmen aus dem Programmspeicher 220, mit Daten aus dem Datenspeicher 230 und mit Daten aus den Sensoren der Brennkraftmaschine 100 die Brennkraftmaschine 100 derart zu steuern, dass die Brennkraftmaschine 100 in dem vorbestimmten Betriebsbereich betrieben wird, in dem ein sicherer Betrieb der Brennkraftmaschine 100 gewährleistet werden kann.  
30 Sofern erkannt wird, dass die Brennkraftmaschine 100 außerhalb ihres vorbestimmten Betriebsbereichs betrieben wird, kann ein Fehlereintrag in den Fehlerspeicher 240 erfolgen. Die Brennkraftmaschine 100 weist zusätzlich eine Fehleranzeigevorrichtung 300 auf, die von der Steuereinheit 200 angesteuert

werden kann, sofern die Steuereinheit 200 erkennt, dass die Brennkraftmaschine 100 leistungsverändernd manipuliert ist.

5 Wird die Brennkraftmaschine 100 beispielsweise mit dem Ziel einer Erhöhung der maximalen Leistung der Brennkraftmaschine 100 derart manipuliert, dass die Luftmasse in den Zylindern 102 erhöht wird, wird automatisch die Kraftstoffmenge so erhöht, dass das gewünschte Luft-Kraftstoff-Verhältnis eingestellt wird. Die Motorleistung steigt damit. Allerdings wird die Brennkraftmaschine 100 dadurch außerhalb ihres vordefinierten Betriebsbereichs betrieben, wodurch die  
10 Brennkraftmaschine 100 beschädigt werden kann.

Es sind Manipulationssysteme bekannt, mit deren Hilfe die erfassten Messsignale der Drucksensoren 116, 118 derart modifiziert werden können, dass die maximale Luftmasse im Zylinder erhöht werden kann. Mit Hilfe solcher Manipulationssysteme  
15 werden beispielsweise die von den Drucksensoren 116, 118 erfassten Messsignale abgesenkt, beispielsweise indem ein bestimmter Wert von den erfassten Messsignalen subtrahiert wird, und die abgesenkten Messsignale werden an die Steuereinheit 200 weitergeleitet. Die Steuereinheit 200 will den vermeintlich zu niedrigen Luftdruck in den Zylinder 102 ausgleichen und steuert beispielsweise die  
20 Drosselklappe 112 derart an, dass die eingespeiste Luftmasse erhöht wird. Dementsprechend steigt der Luftdruck in den Zylindern 102 an, wodurch ebenso die Kraftstoffeinspritzung angepasst wird. Die Brennkraftmaschine 100 wird dementsprechend außerhalb ihres vordefinierten Betriebsbereichs betrieben und deren Leistung steigt. Die Brennkraftmaschine 100 ist manipuliert.

25

Die Steuereinheit 200 ist allerdings dazu ausgebildet eine solche Manipulation der Brennkraftmaschine 100 zu erkennen.

Die Figur 2 zeigt ein Diagramm zum Erkennen der leistungsverändernden  
30 Manipulation der Brennkraftmaschine 100. In dem Diagramm ist auf der X-Achse 410 die Zeit aufgetragen und auf der Y-Achse 420 ein Wert, der charakteristisch für den Druck in dem Ansaugtrakt 110 ist. In dem Diagramm 400 ist ein modellierter Signalverlauf 430 und ein erfasster Signalverlauf 440 dargestellt. Der modellierte

Signalverlauf 430 kann in modellierte Signalverlaufabschnitte 432 unterteilt werden. Der erfasste Signalverlauf 440 kann in erfasste Signalverlaufabschnitte 442 unterteilt werden. Die modellierten Signalverlaufabschnitte 432 und die erfassten Signalverlaufabschnitte 442 entsprechen einer Periode in den jeweiligen

5 Signalverläufen 430, 440. Die in Figur 1 gezeigte Steuereinheit 200 ist dazu ausgebildet aus den Signalverläufen 430, 440 zu erkennen, ob die Brennkraftmaschine 100 manipuliert wird. Dazu werden aus einem der mit den Drucksensoren 116, 118 erfassten Signalverläufe 440 die sich periodisch wiederholenden erfassten Signalverlaufabschnitte 442 ermittelt. Die erfassten

10 Signalverlaufabschnitte 442 sind dabei charakteristisch für die sich periodisch wiederholenden Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt 110. Zusätzlich werden beispielsweise aus dem Programmspeicher 220 und/oder aus dem Datenspeicher 230 der Steuereinheit 200 der modellierte Signalverlauf 430 bereitgestellt aus dem sich periodisch wiederholenden modellierten Signalverlaufabschnitt 432 ermittelt

15 werden. Die modellierten Signalverlaufabschnitte 432 sind charakteristisch für erwartete sich periodisch wiederholende Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt 110. Die Steuereinheit 200 vergleicht anschließend mindestens einen Signalteil des erfassten Signalverlaufabschnitts 442 mit einem entsprechenden Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitt 432. Für den Vergleich werden

20 die jeweiligen Signalverlaufabschnitte 432, 442 derselben Periode verglichen. Ist die Brennkraftmaschine 100 beispielsweise derart manipuliert, dass der mit dem Drucksensor 116, 118 gemessene Druck zu niedrig an die Steuereinheit 200 weitergegeben wird, weist der erfasste Signalverlaufabschnitt 442 im Vergleich zu dem modellierten Signalverlaufabschnitt 432 einen zeitlichen Versatz auf. Dieser

25 zeitliche Versatz kann erfasst werden und kann als entsprechendes Signalteil der jeweiligen Signalverlaufabschnitte 432, 442 miteinander verglichen werden. Weicht der Versatz beispielsweise von einem vorgegebenen Schwellenwert zu weit ab, kann erkannt werden, dass die Brennkraftmaschine 100 manipuliert ist. Dementsprechend kann die Steuereinheit 200 einen Fehler in den Fehlerspeicher

30 240 speichern. Zudem kann die Steuereinheit 200 die Fehleranzeigevorrichtung 300 entsprechend ansteuern, um die Manipulation anzuzeigen.

Es ist denkbar, dass die erfassten Signalverlaufabschnitte 442 mit Hilfe einer Fourier-Transformation in erfasste Signalverlauffunktionen entwickelt werden. Zudem ist es auch denkbar, dass die modellierten Signalverlaufabschnitte 432, die beispielsweise in dem Datenspeicher 230 der Steuereinheit 200 gespeichert sind, mittels einer Fourier-Transformation in modellierte Signalverlauffunktionen entwickelt werden. Der Vergleich der entsprechenden Signaleile der erfassten Signalverlauffunktion mit den entsprechenden Signalteilen der modellierten Signalverlauffunktion kann vereinfacht sein, da die mittels der Fourier-Transformation entwickelten Signalverlauffunktionen einfacher verarbeitet werden können. Es ist auch denkbar, dass die Fourier-Transformation eine diskrete Fourier-Transformation ist.

Gemäß einer Ausführungsform wird der modellierte Signalverlauf 430 und/oder der modellierte Signalverlaufabschnitt 432 und/oder die modellierte Signalverlauffunktion als ein Kennfeld bereitgestellt, das Betriebsparameter der Brennkraftmaschine 100 berücksichtigt. Das Kennfeld kann beispielsweise in dem Datenspeicher 230 der Steuereinheit 200 hinterlegt sein und entsprechend den Betriebsparametern der Brennkraftmaschine 100, wie beispielsweise einer Drehzahl und/oder einer Last herangezogen werden.

Gemäß einer Ausführungsform wird eine Phase des erfassten Signalverlaufabschnitts 442 oder der erfassten Signalverlauffunktion als Signalteil mit dem modellierten Signalverlaufabschnitt 432 mit der Phase des modellierten Signalverlaufabschnitts 432 und/oder der modellierten Signalverlauffunktion als entsprechendes Signalteil miteinander verglichen. Dabei kann insbesondere die Differenz der beiden Phasen miteinander verglichen werden und es kann erkannt werden, dass die Brennkraftmaschine 100 manipuliert ist, wenn die Phasendifferenz über einen bestimmten Phasendifferenzschwellenwert liegt. Das Beaufschlagen eines mit dem Drucksensor 116, 118 erfassten Druckes mit einem Wert zur Manipulation der Brennkraftmaschine 100 führt zu einem zeitlichen Versatz in der Datenerfassung. Dieser Versatz ist als Phasendifferenz in dem Vergleich ersichtlich. Folglich kann auf einfache und robuste Weise die Manipulation der Brennkraftmaschine 100 erkannt werden. Wird erkannt, dass die

Brennkraftmaschine 100 manipuliert ist, kann zusätzlich auch ein Fehlereintrag in den Fehlerspeicher 240 der Steuereinheit 200 erfolgen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen einer leistungsverändernden Manipulation einer Brennkraftmaschine (100), wobei die Brennkraftmaschine (100) einen  
5 Ansaugtrakt (110) und einen Drucksensor (116, 118) aufweist, der in dem Ansaugtrakt (110) angeordnet ist, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:
  - Erfassen eines Signalverlaufs (440) über eine bestimmte Zeitspanne mit dem Drucksensor (116, 118), wobei aus dem erfassten Signalverlauf (440) sich periodisch wiederholende erfasste Signalverlaufabschnitte (442) ermittelt werden,  
10 die charakteristisch für sich periodisch wiederholende Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt (110) sind,
  - Bereitstellen eines modellierten Signalverlaufs (430) über die bestimmte Zeitspanne, aus dem sich periodisch wiederholende modellierte Signalverlaufabschnitte (432) ermittelt werden, die charakteristisch für erwartete  
15 sich periodisch wiederholende Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt (110) sind,
  - Vergleichen eines Signalteiles eines erfassten Signalverlaufabschnitts (442), der charakteristisch für die Druckveränderung in dem Ansaugtrakt (110) einer Periode des erfassten Signalverlaufs (440) ist, mit dem entsprechenden Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts (432), der  
20 charakteristisch für die erwartete Druckveränderung in dem Ansaugtrakt (110) während derselben Periode ist, zum Erkennen der leistungsverändernden Manipulation der Brennkraftmaschine (100).
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei der Vergleich des Signalteils des  
25 erfassten Signalverlaufabschnitts (442) mit dem entsprechenden Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts (432) eine Signalteildifferenz berücksichtigt, die der zeitlichen Differenz zwischen dem Signalteil des erfassten Signalverlaufabschnitts (442) und dem Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts (432) entspricht.  
30
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei die leistungsverändernde Manipulation der Brennkraftmaschine (100) erkannt wird, wenn die Signalteildifferenz einen ersten Schwellenwert übersteigt.

4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei aus dem erfassten Signalverlaufabschnitt (442) mit Hilfe einer Fouriertransformation eine erfasste Signalverlauffunktion entwickelt wird, die charakteristisch für die sich periodisch wiederholenden Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt (110) ist, und  
5 wobei eine Phase der erfassten Signalverlauffunktion ermittelt wird, und wobei die ermittelte Phase als das Signalteil des erfassten Signalverlaufabschnitts (442) mit einer modellierten Phase als entsprechendes Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts (432) verglichen wird, wobei die modellierte Phase als Signalteil des modellierten Signalverlaufabschnitts (432)  
10 bereitgestellt wird.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei aus dem modellierten Signalverlaufabschnitt (432) mit Hilfe einer Fourier-Transformation eine modellierte Signalverlauffunktion entwickelt wird, die charakteristisch für die erwarteten sich  
15 periodisch wiederholende Druckveränderungen in dem Ansaugtrakt (110) ist, und wobei die modellierte Phase aus der modellierten Signalverlauffunktion ermittelt und bereitgestellt wird.

20 6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der modellierte Signalverlauf (430) als ein Kennfeld bereitgestellt wird, das Betriebsparameter der Brennkraftmaschine (100) berücksichtigt.

7. Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei die modellierte Phase des  
25 modellierten Signalverlaufabschnitts (432) in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter der Brennkraftmaschine (100) bereitgestellt wird.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei zum Vergleich des mindestens einen Signalteils des erfassten Signalverlaufabschnitts (442) mit  
30 dem entsprechenden Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts (432) eine Phasendifferenz der ermittelten Phase als Signalteil des erfassten Signalverlaufsabschnitts (442) und der modellierten Phase

als Signalteil des entsprechenden modellierten Signalverlaufabschnitts (432) ermittelt wird.

- 5           9.       Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei die ermittelte Phasendifferenz mit einem Phasendifferenzschwellenwert verglichen wird, und wobei die leistungsverändernde Manipulation der Brennkraftmaschine (100) erkannt wird, wenn die ermittelte Phasendifferenz den Phasendifferenzschwellenwert übersteigt.
- 10           10.       Vorrichtung zum Erkennen einer leistungsverändernden Manipulation einer Brennkraftmaschine (100), wobei die Vorrichtung eine Steuereinheit (200) aufweist, die zur Steuerung eines Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist.

FIG 1

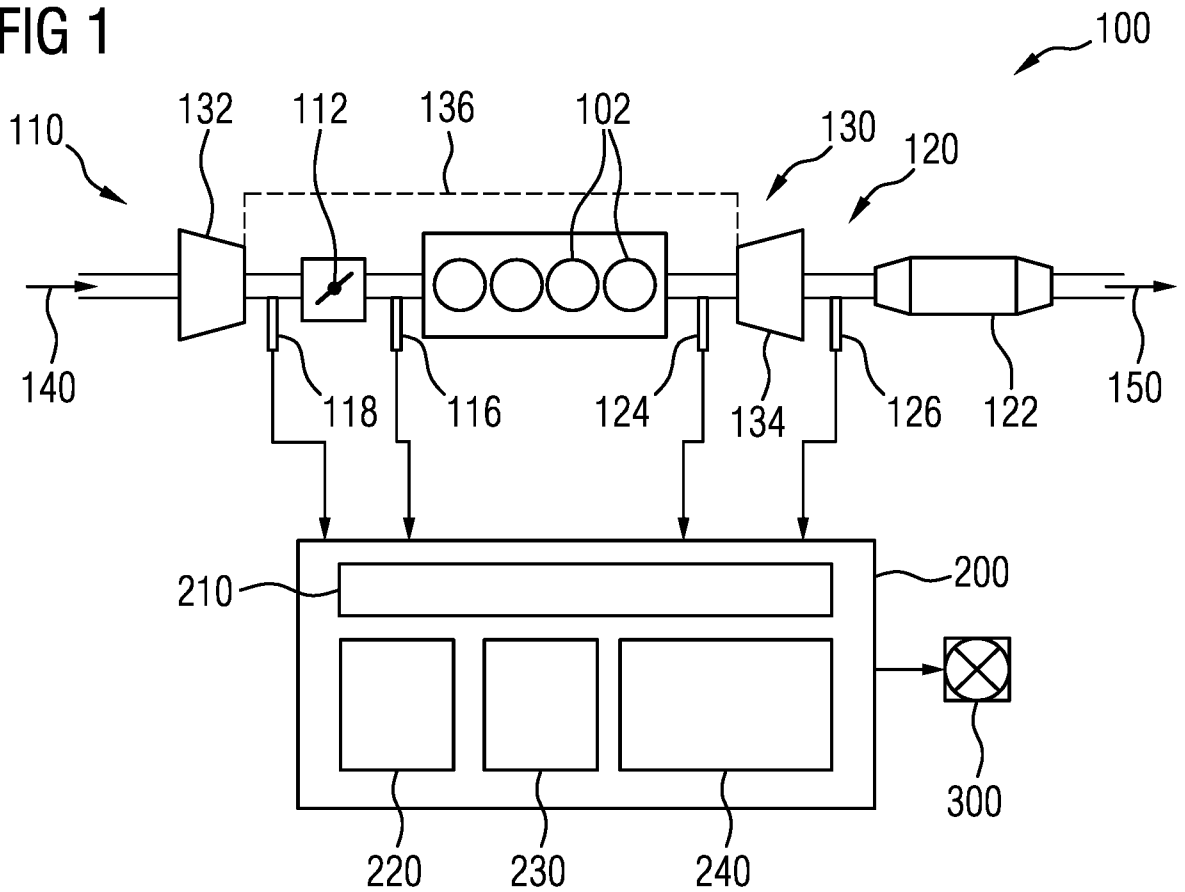
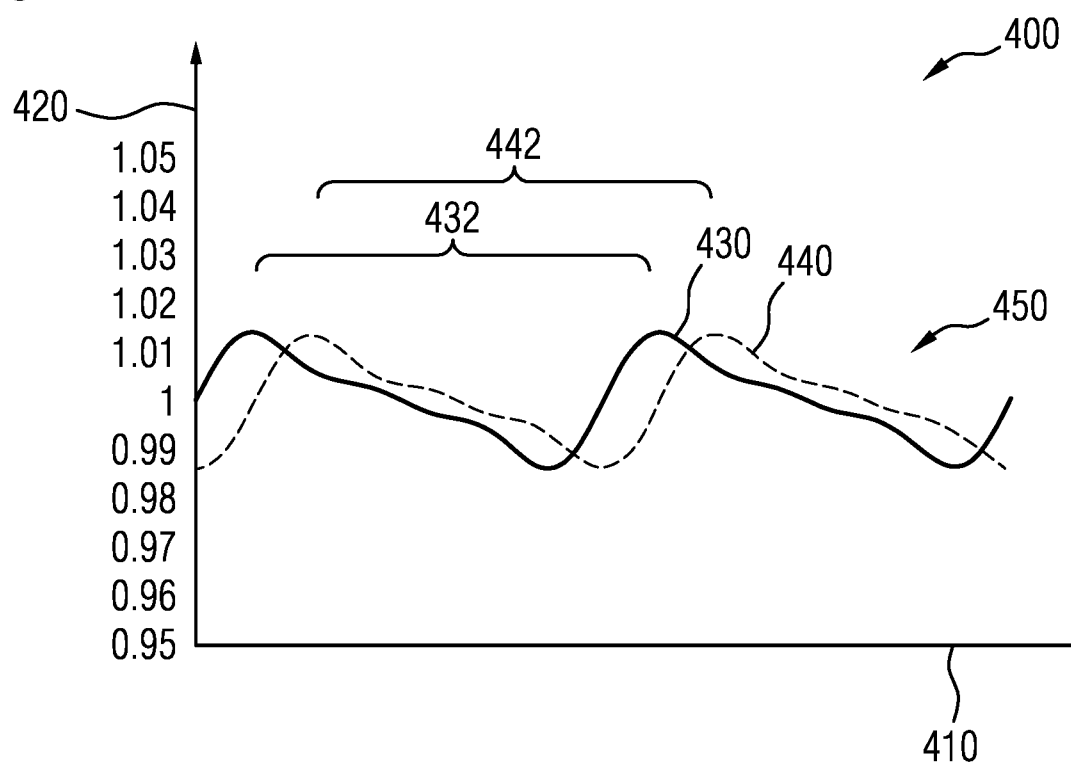


FIG 2



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/055824

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****F02D 41/22**(2006.01)i; **F02D 41/28**(2006.01)i; **F02D 41/26**(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                          | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | DE 10346734 B3 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 21 April 2005<br>(2005-04-21)<br>paragraph [0022] - paragraph [0031]; figures 3-5         | 1-10                  |
| A         | DE 102016222533 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 17 May 2018<br>(2018-05-17)<br>paragraph [0046] - paragraph [0051]                    | 4,5,8,9               |
| X         | WO 2017178130 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 19 October 2017<br>(2017-10-19)<br>page 3, paragraph 2 - page 8, paragraph 2            | 1-10                  |
| X         | DE 102012001356 A1 (DAIMLER AG [DE]) 25 July 2013 (2013-07-25)<br>cited in the application<br>paragraph [0027] - paragraph [0033]; figure 1 | 1-10                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 June 2020

Date of mailing of the international search report

24 June 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office  
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk  
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Aign, Torsten

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2020/055824**

| Patent document<br>cited in search report |              |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |              |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|--------------|----|--------------------------------------|-------------------------|--------------|----|--------------------------------------|
| DE                                        | 10346734     | B3 | 21 April 2005                        | DE                      | 10346734     | B3 | 21 April 2005                        |
|                                           |              |    |                                      | EP                      | 1673523      | A1 | 28 June 2006                         |
|                                           |              |    |                                      | US                      | 2006184311   | A1 | 17 August 2006                       |
|                                           |              |    |                                      | WO                      | 2005035954   | A1 | 21 April 2005                        |
| DE                                        | 102016222533 | A1 | 17 May 2018                          | CN                      | 110036188    | A  | 19 July 2019                         |
|                                           |              |    |                                      | DE                      | 102016222533 | A1 | 17 May 2018                          |
|                                           |              |    |                                      | EP                      | 3542042      | A1 | 25 September 2019                    |
|                                           |              |    |                                      | JP                      | 2020501077   | A  | 16 January 2020                      |
|                                           |              |    |                                      | KR                      | 20190082301  | A  | 09 July 2019                         |
|                                           |              |    |                                      | US                      | 2020063674   | A1 | 27 February 2020                     |
|                                           |              |    |                                      | WO                      | 2018091201   | A1 | 24 May 2018                          |
| WO                                        | 2017178130   | A1 | 19 October 2017                      | CN                      | 108884768    | A  | 23 November 2018                     |
|                                           |              |    |                                      | DE                      | 102016206329 | A1 | 19 October 2017                      |
|                                           |              |    |                                      | KR                      | 20180118221  | A  | 30 October 2018                      |
|                                           |              |    |                                      | US                      | 2019128206   | A1 | 02 May 2019                          |
|                                           |              |    |                                      | WO                      | 2017178130   | A1 | 19 October 2017                      |
| DE                                        | 102012001356 | A1 | 25 July 2013                         | NONE                    |              |    |                                      |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. F02D41/22 F02D41/28  
 ADD. F02D41/26

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

#### B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

#### C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                             | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| X          | DE 103 46 734 B3 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 21. April 2005 (2005-04-21)<br>Absatz [0022] - Absatz [0031]; Abbildungen 3-5              | 1-10               |
| A          | DE 10 2016 222533 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE])<br>17. Mai 2018 (2018-05-17)<br>Absatz [0046] - Absatz [0051]                          | 4,5,8,9            |
| X          | WO 2017/178130 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 19. Oktober 2017 (2017-10-19)<br>Seite 3, Absatz 2 - Seite 8, Absatz 2                    | 1-10               |
| X          | DE 10 2012 001356 A1 (DAIMLER AG [DE])<br>25. Juli 2013 (2013-07-25)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Absatz [0027] - Absatz [0033]; Abbildung 1 | 1-10               |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Juni 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/06/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Aign, Torsten

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/055824

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 10346734 B3                                     | 21-04-2005                    | DE 10346734 B3                    | 21-04-2005                    |
|                                                    |                               | EP 1673523 A1                     | 28-06-2006                    |
|                                                    |                               | US 2006184311 A1                  | 17-08-2006                    |
|                                                    |                               | WO 2005035954 A1                  | 21-04-2005                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102016222533 A1                                 | 17-05-2018                    | CN 110036188 A                    | 19-07-2019                    |
|                                                    |                               | DE 102016222533 A1                | 17-05-2018                    |
|                                                    |                               | EP 3542042 A1                     | 25-09-2019                    |
|                                                    |                               | JP 2020501077 A                   | 16-01-2020                    |
|                                                    |                               | KR 20190082301 A                  | 09-07-2019                    |
|                                                    |                               | US 2020063674 A1                  | 27-02-2020                    |
|                                                    |                               | WO 2018091201 A1                  | 24-05-2018                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| WO 2017178130 A1                                   | 19-10-2017                    | CN 108884768 A                    | 23-11-2018                    |
|                                                    |                               | DE 102016206329 A1                | 19-10-2017                    |
|                                                    |                               | KR 20180118221 A                  | 30-10-2018                    |
|                                                    |                               | US 2019128206 A1                  | 02-05-2019                    |
|                                                    |                               | WO 2017178130 A1                  | 19-10-2017                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102012001356 A1                                 | 25-07-2013                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              |                               |                                   |                               |