

(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
21. Juni 2018 (21.06.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/108302 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 19/08 (2006.01) *F02D 41/00* (2006.01)
F02D 19/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/001310

(22) Internationales Anmeldedatum:

10. November 2017 (10.11.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2016 225 035.3

14. Dezember 2016 (14.12.2016) DE

(71) Anmelder: **MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH**
[DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: **BAUER, Johannes**; Am Nepomuk 4, 91352
Hallerndorf (DE). **SPÄDER, Tim**; Gräbenen 18, 88085
Langenargen (DE). **WERNER, Roland**; Pacellistraße 2/1,
88045 Friedrichshafen (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, 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, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE DESIGNED TO RUN ON AT LEAST TWO
FUELS, CORRECTION CONTROL DEVICE, AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING SUCH A CORRECTION
CONTROL DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER ZUM BETRIEB MIT WENIGSTENS ZWEI BRENNSTOFFEN
EINGERICHTETEN BRENNKRAFTMASCHINE, KORREKTURREGELEINRICHTUNG SOWIE BRENNKRAFTMASCHINE
MIT EINER SOLCHEN KORREKTURREGELEINRICHTUNG

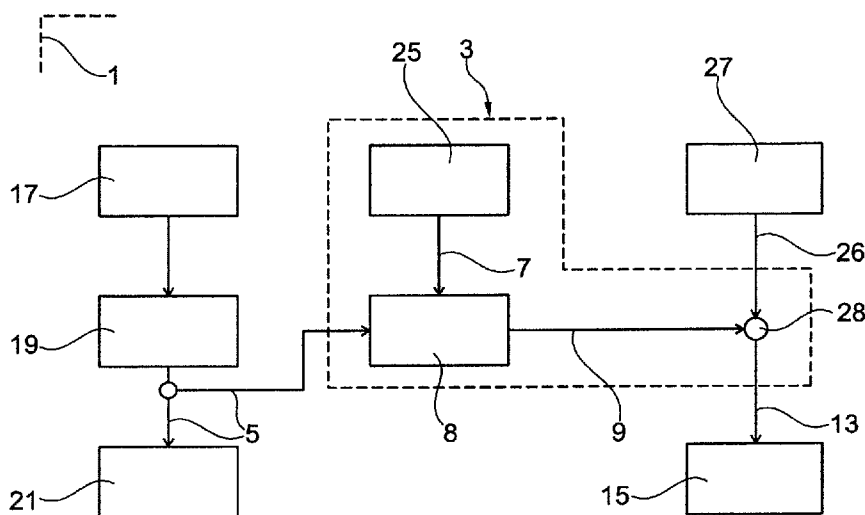


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine (1) designed to run on at least two fuels. In a first operating state, a first actual amount (5) of a first fuel which is supplied to at least one combustion chamber of the internal combustion engine (1) is determined. A first target amount (7) for the first fuel is specified, and a correction value (9) is determined by comparison (8) of the first actual amount (5) of the first fuel with the first target amount (7) for the first fuel. A second actual amount (13) of a second fuel which is supplied to the at least one combustion chamber of the internal combustion engine (1) and is different from the first fuel is set on the basis of the correction value (9).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer zum Betrieb mit wenigstens zwei Brennstoffen eingerichteten Brennkraftmaschine (1), wobei in einem ersten Betriebszustand eine erste Istmenge (5) eines ersten, wenigstens einem

(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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Brennraum der Brennkraftmaschine (1) zugeführten Brennstoffs ermittelt wird, wobei eine erste Sollmenge (7) für den ersten Brennstoff vorgegeben wird, wobei mittels eines Vergleichs (8) der ersten Istmenge (5) des ersten Brennstoffs mit der ersten Sollmenge (7) für den ersten Brennstoff ein Korrekturwert (9) ermittelt wird, und wobei eine zweite Istmenge (13) eines zweiten dem wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine (1) zugeführten Brennstoffs, der von dem ersten Brennstoff verschieden ist, in Abhängigkeit von dem Korrekturwert (9) eingestellt wird.

BESCHREIBUNG

5 **Verfahren zum Betreiben einer zum Betrieb mit wenigstens zwei Brennstoffen
eingerichteten Brennkraftmaschine, Korrekturregeleinrichtung sowie
Brennkraftmaschine mit einer solchen Korrekturregeleinrichtung**

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer zum Betrieb mit wenigstens zwei
Brennstoffen eingerichteten Brennkraftmaschine, eine Korrekturregeleinrichtung sowie eine
Brennkraftmaschine mit einer solchen Korrekturregeleinrichtung.

15 Zum Betrieb mit wenigstens zwei Brennstoffen eingerichtete Brennkraftmaschinen, insbesondere
Zweistoff-Brennkraftmaschinen, werden typischerweise mit Diesel betrieben, wobei der
Verbrennungsluft ein Brenngas zudosiert und damit der Dieserverbrauch gesenkt werden kann.
Es ist dabei erforderlich, ein bestimmtes Verhältnis zwischen Diesel und Brenngas möglichst
genau einzuhalten. Insbesondere soll dadurch verhindert werden, dass Kostennachteile dadurch
entstehen, dass zu wenig Diesel durch Brenngas substituiert wird, oder Emissionen der
Brennkraftmaschine sich aufgrund einer zu großen Dieselmenge erhöhen, oder sich eine
20 Gemischentzündung aufgrund einer zu geringen Dieselmenge verschlechtert. Zur Einstellung des
bestimmten Verhältnisses zwischen Diesel und Brenngas ist eine genaue Kenntnis der
Eigenschaften des Brenngases, insbesondere seines Brennwertes, erforderlich, was beispielsweise
bei Wechseln auf andere Brenngase, deren Eigenschaften insbesondere nicht hinreichend
bekannt sind, aufwändige Analysen erfordert. In der Praxis werden daher Zweistoff-
25 Brennkraftmaschinen oft ohne genaue Kenntnis der Gaseigenschaften und folglich mit nicht
bestimmungsgemäßem, insbesondere nicht reproduzierbarem Diesel-Brenngas-Verhältnis
betrieben, was typischerweise zu den oben angesprochenen Problemen führt.

30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer zum Betrieb mit
wenigstens zwei Brennstoffen eingerichteten Brennkraftmaschine, eine
Korrekturregeleinrichtung sowie eine Brennkraftmaschine mit einer solchen
Korrekturregeleinrichtung zu schaffen, wobei die genannten Nachteile nicht auftreten.

Die Aufgabe wird gelöst, indem die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche geschaffen werden. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Aufgabe wird insbesondere gelöst, indem ein Verfahren zum Betreiben einer zum Betrieb
5 mit wenigstens zwei Brennstoffen eingerichteten Brennkraftmaschine geschaffen wird, wobei in
einem ersten Betriebszustand eine erste Istmenge eines ersten, wenigstens einem Brennraum der
Brennkraftmaschine zugeführten Brennstoffs ermittelt wird, wobei eine erste Sollmenge für den
ersten Brennstoff vorgegeben wird, und wobei mittels eines Vergleichs der ersten Istmenge des
ersten Brennstoffs mit der ersten Sollmenge für den ersten Brennstoff ein Korrekturwert ermittelt
10 wird. Es wird eine zweite Istmenge eines zweiten dem wenigstens einen Brennraum der
Brennkraftmaschine zugeführten Brennstoffs, der von dem ersten Brennstoff verschieden ist, in
Abhängigkeit von dem Korrekturwert eingestellt. Das Verfahren weist Vorteile gegenüber dem
Stand der Technik auf. Dadurch, dass die zweite Istmenge des zweiten Brennstoffs in
Abhängigkeit von dem Korrekturwert eingestellt wird, ist ein Verhältnis des ersten Brennstoffs
15 zu dem zweiten Brennstoff auf reproduzierbare Weise einstellbar, insbesondere unabhängig von
veränderten Eigenschaften des zweiten Brennstoffs, beispielsweise dessen Brennwert.
Insbesondere ist es dadurch möglich, die Brennkraftmaschine mit dem ersten und dem zweiten
Brennstoff zu betreiben, wobei der zweite Brennstoff zumindest teilweise unbekannte
Eigenschaften, beispielsweise einen unbekannten Brennwert, aufweisen kann. Hierdurch lassen
20 sich Betriebskosten der Brennkraftmaschine senken, da ein Potenzial zur Substitution des ersten
Brennstoffs durch den zweiten Brennstoff optimal genutzt werden kann. Darüber hinaus kann
vermieden werden, dass eine zu große Menge des ersten Brennstoffs der Verbrennung zugeführt
wird, wobei möglicherweise Emissionsgrenzwerte nicht eingehalten werden können. Es kann
insbesondere auch vermieden werden, dass eine zu geringe Menge des ersten Brennstoffs der
25 Verbrennung zugeführt wird, wodurch sich eine Gemischentzündung verschlechtern kann.

Die Brennkraftmaschine ist bevorzugt als Zweistoff-Brennkraftmaschine ausgebildet. In dem
ersten Betriebszustand wird die Brennkraftmaschine mit dem ersten und dem zweiten Brennstoff
betrieben.

30 Die erste Istmenge des ersten Brennstoffs wird dem Brennraum insbesondere über eine
Injektionseinrichtung zugeführt.

Die erste Istmenge des ersten Brennstoffs wird mit der ersten Sollmenge für den ersten Brennstoff vorzugsweise durch Bildung einer Differenz zwischen der ersten Istmenge und der ersten Sollmenge verglichen.

- 5 Der Korrekturwert gibt vorzugsweise einen Differenzwert für eine Masse oder ein Volumen des zweiten Brennstoffs, oder für ein Verbrennungsluft-Brennstoff-Verhältnis, das auch als Lambdawert bezeichnet wird, an.

- Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass als
10 erster Brennstoff ein unter Normalbedingungen, das heißt bei 25 °C und 1013 mbar flüssiger Brennstoff verwendet wird, wobei als zweiter Brennstoff ein unter Normalbedingungen gasförmiger Brennstoff verwendet wird. Bevorzugt ist der erste Brennstoff ein Zündöl, besonders bevorzugt Diesel oder Dimethylether. Bevorzugt ist der zweite Brennstoff ein Brenngas. Unter dem Begriff „Brenngas“ werden brennbare Gase und Gasgemische verstanden.
15 Bevorzugt ist das Brenngas Erdgas, Biogas, Deponiegas, Klärgas, Grubengas, Produktgas aus der Holzvergasung, Magergas, Sondergas oder ein beliebiges Gemisch davon. Bevorzugt wird als Brenngas ein methanhaltiges Gas verwendet.

- Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die
20 erste Istmenge des ersten Brennstoffs durch Einstellen der zweiten Istmenge des zweiten Brennstoffs geregelt wird. Dabei ist insbesondere ein Rückkopplungsmechanismus vorgesehen, durch welchen eine Veränderung der zweiten Istmenge des zweiten Brennstoffs auf die erste Istmenge des ersten Brennstoffs wirkt. Dieser Rückkopplungsmechanismus ist bevorzugt insbesondere so ausgestaltet, dass die erste Istmenge verringert wird, wenn die zweite Istmenge
25 erhöht wird, wobei die erste Istmenge erhöht wird, wenn die zweite Istmenge verringert wird. Die Regelung der ersten Istmenge des ersten Brennstoffs durch Einstellen der zweiten Istmenge des zweiten Brennstoffs erfolgt bevorzugt auf einer ersten, längeren Zeitskala.

- Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die zweite Istmenge des zweiten
30 Brennstoffs dem wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine zugeführter Verbrennungsluft, vorzugsweise stromaufwärts eines Abgasturboladers der Brennkraftmaschine, zugemischt. Es kann somit insbesondere eine Gemischaufladung realisiert werden.

Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass eine Drehzahl der Brennkraftmaschine durch Einstellen der ersten Istmenge des ersten Brennstoffs geregelt wird. Die Drehzahlregelung stellt dabei – wie im Folgenden noch näher erläutert wird – einen Rückkopplungsmechanismus für die Regelung der ersten Istmenge durch
5 Einstellen der zweiten Istmenge des zweiten Brennstoffs dar. Es wird dabei quasi eine Art überlagerter Regelungen einerseits der Drehzahl und andererseits der ersten Istmenge durchgeführt. Die als Stellglied für die Drehzahlregelung dienende erste Istmenge wird dabei zugleich – vermittelt über die Drehzahlregelung – durch Einstellen der zweiten Istmenge auf die erste Sollmenge geregelt. Die Regelung der Drehzahl der Brennkraftmaschine erfolgt dabei auf
10 einer zweiten, kürzeren Zeitskala, wobei die zweite, kürzere Zeitskala kürzer ist als die erste, längere Zeitskala, wobei demnach die Regelung der Drehzahl der Brennkraftmaschine schneller durchgeführt wird als die Regelung der ersten Istmenge des ersten Brennstoffs. Die erste Istmenge des ersten Brennstoffs wird insbesondere derart eingestellt, dass die Drehzahl der Brennkraftmaschine, die auch von der zweiten Istmenge des zweiten Brennstoffs abhängt, einer
15 vorgegebenen Soll-Drehzahl der Brennkraftmaschine entspricht.

Im Folgenden wird exemplarisch die Regelung der Drehzahl der Brennkraftmaschine und der ersten Istmenge des ersten Brennstoffs erläutert: In einem Initialzustand ist beispielsweise die erste Istmenge des ersten Brennstoffs größer als die erste Sollmenge für den ersten Brennstoff.
20 Dieser Zustand kann sich beispielsweise dadurch ergeben, dass der Brennwert des zweiten Brennstoffs abnimmt, was zu einer Abnahme der Drehzahl der Brennkraftmaschine führt, woraufhin ein Drehzahlregler die erste Istmenge des ersten Brennstoffs über die erste Sollmenge hinaus erhöht, um die vorgegebene Soll-Drehzahl wieder zu erreichen. Mittels des Vergleichs der ersten Istmenge des ersten Brennstoffs mit der ersten Sollmenge für den ersten Brennstoff
25 wird der Korrekturwert ermittelt. In Abhängigkeit des Korrekturwerts wird in diesem Beispielfall eine erhöhte zweite Istmenge des zweiten Brennstoffs eingestellt. Aufgrund der erhöhten zweiten Istmenge des zweiten Brennstoffs steigt die Drehzahl der Brennkraftmaschine wieder, woraufhin der Drehzahlregler die erste Istmenge des ersten Brennstoffs wieder reduziert, um die Drehzahl abzusenken. Dieser Prozess wird iterativ so lange durchlaufen, bis die erste
30 Istmenge des ersten Brennstoffs auf einem Niveau der ersten Sollmenge für den ersten Brennstoff liegt.

In völlig analoger Weise führt beispielsweise eine Erhöhung des Brennerts des zweiten Brennstoffs – bei zunächst unveränderter zweiter Istmenge – zu einer Erhöhung der Drehzahl der

Brennkraftmaschine, welche durch den Drehzahlregler wiederum ausgeglichen wird, indem dieser die erste Istmenge des ersten Brennstoffs unter die erste Sollmenge absenkt. Der dann ermittelte Korrekturwert führt wiederum dazu, dass die zweite Istmenge des zweiten Brennstoffs reduziert wird, worauf hin wiederum die Drehzahl der Brennkraftmaschine abnimmt. Hierauf reagiert der Drehzahlregler durch Anheben der ersten Istmenge des ersten Brennstoffs, um die Drehzahl auf die Soll-Drehzahl einzuregeln. Dies wird wiederum so lange fortgesetzt, bis die erste Istmenge mit der ersten Sollmenge – zumindest innerhalb vorbestimmter Toleranzgrenze – übereinstimmt.

- 10 Dadurch, dass die Regelung der Drehzahl der Brennkraftmaschine auf der zweiten Zeitskala schneller durchgeführt wird als die Regelung der ersten Istmenge des ersten Brennstoffs auf der ersten Zeitskala, wird insgesamt ein stabiles System realisiert.

Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die erste Sollmenge für den ersten Brennstoff in Abhängigkeit von einem Solldrehmoment der Brennkraftmaschine, und/oder einer Drehzahl der Brennkraftmaschine, und/oder bestimmten Umgebungsparametern der Brennkraftmaschine, und/oder bestimmten Eigenschaften des zweiten Brennstoffs, und/oder einem Klopfverhalten der Brennkraftmaschine vorgegeben wird.

- 20 Vorzugsweise wird ein Normalwert für die erste Sollmenge für den ersten Brennstoff mittels eines Kennfelds in Abhängigkeit des Solldrehmoments und der Drehzahl der Brennkraftmaschine vorgegeben. Der Normalwert für die erste Sollmenge wird vorzugsweise auf einem Prüfstand unter Normalbedingungen für die bestimmten Umgebungsparameter, insbesondere bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C und/oder einem Umgebungsluftdruck von 1013 mbar bestimmt. Für Abweichungen der bestimmten Umgebungsparameter von den Normalbedingungen wird vorzugsweise ein Berichtigungswert für die Vorgabe der ersten Sollmenge berücksichtigt.

- 30 Vorzugsweise wird wenigstens ein Standardwert für die bestimmten Eigenschaften des zweiten Brennstoffs, insbesondere dessen Brennwert, und/oder für das Klopfverhalten der Brennkraftmaschine vorgegeben, wobei für Abweichungen von dem wenigstens einen Standardwert im Betrieb der Brennkraftmaschine wenigstens ein weiterer Berichtigungswert bei der Vorgabe der ersten Sollmenge für den ersten Brennstoff berücksichtigt wird. Es ist möglich, dass weitere Berichtigungswerte gebildet werden, welche bei der Vorgabe der ersten Sollmenge

für den ersten Brennstoff berücksichtigt werden. Es kann also in vorteilhafter Weise eine Parametrierung von Größen vorgenommen werden, welche die erste Sollmenge für den ersten Brennstoff bestimmen.

- 5 Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass eine zweite Sollmenge für den zweiten Brennstoff – vorzugsweise in Abhängigkeit von dem Solldrehmoment der Brennkraftmaschine – vorgegeben wird, wobei durch die zweite Sollmenge in Verbindung mit dem Korrekturwert die zweite Istmenge bestimmt wird. Vorzugsweise wird die zweite Sollmenge für den zweiten Brennstoff mittels eines Kennfelds in Abhängigkeit des
- 10 Solldrehmoments vorgegeben. Die zweite Sollmenge für den zweiten Brennstoff wird vorzugsweise in der gleichen Einheit wie der Korrekturwert vorgegeben. Entscheidend ist aber, dass die zweite Istmenge des zweiten Brennstoffs auf Basis der zweiten Sollmenge für den zweiten Brennstoff und des Korrekturwerts bestimmt werden kann. Vorzugsweise erfolgt eine Summation der zweiten Sollmenge für den zweiten Brennstoff und des Korrekturwerts, wodurch
- 15 die zweite Istmenge des zweiten Brennstoffs bestimmt wird. Die zweite Sollmenge wird bevorzugt als Masse oder Volumen des zweiten Brennstoffs, oder als Verbrennungsluft-Brennstoff-Verhältnis, mithin als Lambdawert, angegeben. Wird der Korrekturwert – wie bereits erläutert – als Differenzwert für die Masse oder das Volumen des zweiten Brennstoffs oder für das Verbrennungsluft-Brennstoff-Verhältnis angegeben, kann die zweite Istmenge in einfacher
- 20 Weise durch Summation der zweiten Sollmenge und des Korrekturwerts bestimmt werden.

- Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Brennkraftmaschine in dem ersten Betriebszustand mit dem ersten Brennstoff und mit dem zweiten Brennstoff betrieben wird, wenn ein Betriebspunkt der Brennkraftmaschine, welcher
- 25 insbesondere durch das Solldrehmoment der Brennkraftmaschine und die Drehzahl der Brennkraftmaschine bestimmt wird, in einem vorbestimmten stationären Zweistoffkennfeldbereich liegt. Insbesondere wird die Brennkraftmaschine in dem stationären Zweistoffkennfeldbereich mit dem ersten und dem zweiten Brennstoff betrieben, wenn eine vorbestimmte Mindestdrehzahl und/oder eine vorbestimmte Betriebstemperatur der
- 30 Brennkraftmaschine erreicht oder überschritten wird/werden. Es ist also insbesondere möglich, dass die Brennkraftmaschine auch in dem stationären Zweistoffkennfeldbereich in einem zweiten Betriebszustand nur mit dem ersten Brennstoff betrieben wird, wenn, beispielsweise nach dem Starten, die vorbestimmte Mindestdrehzahl und/oder die vorbestimmte Betriebstemperatur noch nicht erreicht ist/sind. Es ist insbesondere möglich, dass zusätzlich oder

alternativ andere Bedingungen für einen Wechsel von dem zweiten in den ersten Betriebszustand, und umgekehrt, definiert werden, wenn vorzugsweise der Betriebspunkt in dem stationären Zweistoffkennfeldbereich liegt.

- 5 Der stationäre Zweistoffkennfeldbereich liegt vorzugsweise innerhalb eines Einstoffkennfelds der Brennkraftmaschine, welches von wenigstens zwei Achsen aufgespannt wird, auf welchen die – insbesondere momentane – Drehzahl der Brennkraftmaschine sowie das Solldrehmoment der Brennkraftmaschine abgetragen sind. Liegt der Betriebspunkt in dem Einstoffkennfeld, insbesondere außerhalb des stationären Zweistoffkennfeldbereichs, wird
- 10 die Brennkraftmaschine vorzugsweise nur mit dem ersten Brennstoff betrieben. Die Brennkraftmaschine befindet sich dann in dem zweiten Betriebszustand.

- Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass der Betriebspunkt bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine mit dem ersten und dem zweiten
- 15 Brennstoff für eine vorbestimmte Zeitdauer außerhalb des vorbestimmten stationären Zweistoffkennfeldbereichs liegen darf. Vorzugsweise ist die vorbestimmte Zeitdauer frei parametrierbar. Wird die vorbestimmte Zeitdauer überschritten und der bestimmte Betriebspunkt liegt noch immer außerhalb des stationären Zweistoffkennfeldbereichs, so wird die Brennkraftmaschine vorzugsweise von dem ersten Betriebszustand in den zweiten
- 20 Betriebszustand versetzt. Es ist also insbesondere bei einem transienten Betrieb der Brennkraftmaschine möglich zu verhindern, dass bei Betriebspunkten – insbesondere am Rand des stationären Zweistoffkennfeldbereichs – ständig zwischen dem ersten und dem zweiten Betriebszustand hin und her gewechselt wird.

- 25 Die Aufgabe wird insbesondere auch gelöst, indem eine Korrekturregeleinrichtung zur Regelung einer Brennstoffdosierung für eine zum Betrieb mit wenigstens zwei Brennstoffen eingerichteten Brennkraftmaschine geschaffen wird. Die Korrekturregeleinrichtung ist eingerichtet, um mittels eines Vergleichs einer ersten Istmenge eines ersten, wenigstens einem Brennraum der Brennkraftmaschine zugeführten Brennstoffs mit einer ersten Sollmenge für den ersten
- 30 Brennstoff einen Korrekturwert zu ermitteln, wobei die Korrekturregeleinrichtung eingerichtet ist, um eine zweite Istmenge eines zweiten dem wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine zugeführten Brennstoffs, der von dem ersten Brennstoff verschieden ist, in Abhängigkeit von dem Korrekturwert einzustellen. Insbesondere ist die Korrekturregeleinrichtung eingerichtet zur Durchführung eines Verfahrens nach einer der zuvor

beschriebenen Ausführungsformen. In Zusammenhang mit der Korrekturregeleinrichtung ergeben sich insbesondere die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert wurden.

- 5 Die Aufgabe wird insbesondere auch gelöst, indem eine Brennkraftmaschine geschaffen wird, welche eingerichtet ist zum Betrieb mit wenigstens zwei Brennstoffen, wobei die Brennkraftmaschine eine Korrekturregeleinrichtung nach einem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele aufweist. In Zusammenhang mit der Brennkraftmaschine ergeben sich insbesondere die Vorteile, welche bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert
10 wurden.

- Die Beschreibung des Verfahrens einerseits sowie der Korrekturregeleinrichtung und/oder der Brennkraftmaschine andererseits sind komplementär zueinander zu verstehen. Insbesondere sind Verfahrensschritte, die explizit oder implizit in Zusammenhang mit der
15 Korrekturregeleinrichtung und/oder der Brennkraftmaschine beschrieben wurden, bevorzugt einzeln oder miteinander kombiniert Schritte einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens. Merkmale der Korrekturregeleinrichtung und/oder der Brennkraftmaschine, die explizit oder implizit in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert worden, sind bevorzugt einzeln oder miteinander kombiniert Merkmale eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der
20 Korrekturregeleinrichtung und/oder der Brennkraftmaschine. Das Verfahren zeichnet sich bevorzugt durch wenigstens einen Verfahrensschritt aus, der durch wenigstens ein Merkmal eines erfindungsgemäßen oder bevorzugten Ausführungsbeispiels der Korrekturregeleinrichtung und/oder der Brennkraftmaschine bedingt ist. Die Korrekturregeleinrichtung und/oder die Brennkraftmaschine zeichnet/zeichnen sich bevorzugt durch wenigstens ein Merkmal aus,
25 welches durch wenigstens einen Schritt einer erfindungsgemäßen oder bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens bedingt ist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

- 30 Figur 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Brennkraftmaschine mit einer Korrekturregeleinrichtung;

Figur 2 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Korrekturregeleinrichtung;

Figur 3 eine schematische Darstellung von bestimmten Zuständen der Brennkraftmaschine, und

Figur 4 eine schematische Darstellung eines Kennfelds der Brennkraftmaschine.

5

Fig. 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel einer Brennkraftmaschine 1, welche eingerichtet ist zum Betrieb mit wenigstens zwei Brennstoffen. Die Brennkraftmaschine 1 weist eine Korrekturregeleinrichtung 3 auf.

10 Im Rahmen einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betreiben der Brennkraftmaschine 1 wird in einem ersten Betriebszustand eine erste Istmenge 5 eines ersten, wenigstens einem Brennraum der Brennkraftmaschine 1 zugeführten Brennstoffs ermittelt. Es wird eine erste Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff vorgegeben. Mittels eines Vergleichs 8 der ersten Istmenge 5 des ersten Brennstoffs mit der ersten Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff sowie
15 weiterer – hier nicht dargestellter – Schritte, welche in Figur 2 näher beschrieben werden, wird ein Korrekturwert 9 ermittelt. Es wird eine zweite Istmenge 13 eines zweiten dem wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine 1 zugeführten Brennstoffs in Abhängigkeit von dem Korrekturwert 9 eingestellt. Der erste Brennstoff und der zweite Brennstoff sind voneinander verschieden.

20

In dem ersten Betriebszustand wird die Brennkraftmaschine vorzugsweise mit dem ersten und dem zweiten Brennstoff betrieben. In einem zweiten Betriebszustand wird die Brennkraftmaschine 1 vorzugsweise nur mit dem ersten Brennstoff betrieben. Vorzugsweise wird als erster Brennstoff ein flüssiger Brennstoff verwendet, wobei als zweiter Brennstoff ein
25 gasförmiger Brennstoff, insbesondere ein Brenngas, verwendet wird.

Die erste Istmenge 5 des ersten Brennstoffs wird vorzugsweise durch Einstellen der zweiten Istmenge 13 des zweiten Brennstoffs geregelt. Vorzugsweise erfolgt eine Zumischung 15 der zweiten Istmenge 13 des zweiten Brennstoffs zu Verbrennungsluft, die dem wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine 1 zugeführt wird.
30

Mittels eines Drehzahlreglers 17 wird eine Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 durch Einstellen der ersten Istmenge 5 des ersten Brennstoffs geregelt. Die Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 stellt sich insbesondere abhängig von der ersten Istmenge 5 des ersten Brennstoffs und von der

zweiten Istmenge 13 des zweiten Brennstoffs, insbesondere auch abhängig von deren Brennwert ein, wobei der Drehzahlregler 17 die erste Istmenge 5 des ersten Brennstoffs derart vorgibt, dass eine vorgegebene Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 erreicht wird. Die Regelung der Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 wird vorzugsweise schneller durchgeführt als die Regelung der ersten Istmenge 5 des ersten Brennstoffs.

Dem Drehzahlregler 17 ist vorzugsweise ein Begrenzungsglied 19 zugeordnet, welches einen Grenzwert für die erste Istmenge 5 des ersten Brennstoffs vorgibt, sodass insbesondere ein maximales Drehmoment und/oder eine maximale Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 nicht überschritten wird/werden. Vorzugsweise wird die erste Istmenge 5 des ersten Brennstoffs mittels des Drehzahlreglers 17 und des Begrenzungsglieds 19 eingestellt, wobei diese durch eine Injektionseinrichtung 21 dem wenigstens einen Brennraum zugemessen wird.

Die erste Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff wird durch eine erste Sollmengenvorgabe 25 vorgegeben, welche in Figur 2 näher erläutert wird.

Eine zweite Sollmenge 26 für den zweiten Brennstoff wird insbesondere durch eine zweite Sollmengenvorgabe 27 vorzugsweise in Abhängigkeit von einem Solldrehmoment der Brennkraftmaschine 1 vorgegeben. Die zweite Istmenge 13 wird vorzugsweise durch die zweite Sollmenge 26 für den zweiten Brennstoff in Kombination mit dem Korrekturwert 9 bestimmt. Der Korrekturwert 9 wird mit der zweiten Sollmenge 26 vorzugsweise mittels eines ersten Summationsglieds 28 verrechnet, wodurch die zweite Istmenge 13 vorgegeben wird.

Die Korrekturregeleinrichtung 3 ist also eingerichtet, um mittels eines Vergleichs 8 der ersten Istmenge 5 des ersten Brennstoffs mit der ersten Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff den Korrekturwert 9 zu ermitteln, wobei die Korrekturregeleinrichtung 3 eingerichtet ist, um die zweite Istmenge 13 des zweiten Brennstoffs in Abhängigkeit von dem Korrekturwert 9 einzustellen.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung der Korrekturregeleinrichtung 3. Gleiche und funktionsgleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird. Vorzugsweise wird die erste Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff in Abhängigkeit von dem Solldrehmoment der Brennkraftmaschine 1, und/oder einer Drehzahl der Brennkraftmaschine 1, und/oder bestimmten Umgebungsparametern der

Brennkraftmaschine 1, und/oder bestimmten Eigenschaften des zweiten Brennstoffs, und/oder einem Klopfverhalten der Brennkraftmaschine 1 vorgegeben. Figur 2 zeigt die erste Sollmengenvorgabe 25 zur Vorgabe der ersten Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff.

Vorzugsweise wird ein Normalwert 29 für die erste Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff
5 mittels eines Kennfelds in Abhängigkeit des Solldrehmoments und/oder der Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 vorgegeben. Der Normalwert 29 für die erste Sollmenge 7 wird vorzugsweise auf einem Prüfstand bei Normalbedingungen von bestimmten Umgebungsparametern, insbesondere bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C und/oder einem Umgebungsluftdruck von 1013 mbar, bestimmt. Eine Abweichung von den
10 Normalbedingungen wird vorzugsweise mit einem ersten Berichtigungswert 31 bei der Vorgabe der ersten Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff berücksichtigt.

Vorzugsweise wird wenigstens ein Standardwert für die bestimmten Eigenschaften des zweiten Brennstoffs, insbesondere dessen Brennwert, vorgegeben, wobei eine Abweichung von dem
15 wenigstens einen Standardwert mit einem zweiten Berichtigungswert 33 bei der Vorgabe der ersten Sollmenge 7 berücksichtigt wird.

Weiterhin wird vorzugsweise wenigstens ein Standardwert für das Klopfverhalten der Brennkraftmaschine 1 vorgegeben, wobei eine Abweichung von dem wenigstens einen
20 Standardwert mit einem dritten Berichtigungswert 35 bei der Vorgabe der ersten Sollmenge 7 berücksichtigt wird. Es ist möglich, dass weitere Berichtigungswerte 37 gebildet werden, welche bei der Vorgabe der ersten Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff berücksichtigt werden.

Die erste Sollmenge 7 des ersten Brennstoffs wird vorzugsweise in Abhängigkeit von dem
25 Normalwert 29 für die erste Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff und dem wenigstens einen Berichtigungswert 31, 33, 35, 37 vorgegeben, wobei die Zusammenführung des Normalwerts 29 und der Berichtigungswerte 31, 33, 35, 37 vorzugsweise mittels eines Zusammenführungsglieds 39, welches vorzugsweise als zweites Summationsglied ausgebildet ist, durchgeführt wird.

30 Mittels eines Differenzglieds 41 erfolgt der Vergleich 8 der ersten Sollmenge 7 für den ersten Brennstoff mit der ersten Istmenge 5 des ersten Brennstoffs. Ein durch den Vergleich 8 gebildeter Vergleichswert 43, welcher vorzugsweise eine Differenz zwischen der ersten Sollmenge 7 und der ersten Istmenge 5 darstellt, wird einem Filter 45 zugeführt. Der Filter 45 überprüft den Vergleichswert 43 insbesondere auf eine maximale Abweichung der ersten

Sollmenge 7 von der ersten Istmenge 5. Vorzugsweise limitiert der Filter 45 den Vergleichswert 43 auf einen vorgegebenen Grenzwertvergleichswert. Die Ausgangsgröße des Filters 45 ist insbesondere ein gefilterter Vergleichswert 47. Der gefilterte Vergleichswert 47 wird einem Regelglied 49 zugeführt, welches vorzugsweise als Proportional-Integral-Differenzial-Regler (PID-Regler) ausgebildet ist. Aus dem gefilterten Vergleichswert 47 werden mittels eines Bestimmungsglieds 51 Filterparameter 53 für das Regelglied 49 abgeleitet. Die Filterparameter 53 umfassen insbesondere einen Proportionalanteil K_p und/oder eine Nachstellzeit T_n für das Regelglied 49. Das Regelglied 49 generiert schließlich insbesondere den Korrekturwert 9.

10 **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung von bestimmten Zuständen der Brennkraftmaschine 1. Gleiche und funktionsgleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird.

In einem ersten Zustand „Einstoffbetrieb“ 55 wird die Brennkraftmaschine 1 insbesondere nur mit dem ersten Brennstoff betrieben. Die Brennkraftmaschine 1 befindet sich dann in dem zweiten Betriebszustand. In diesem ersten Zustand 55 ist die Brennkraftmaschine 1 insbesondere aus einem zweiten Zustand „Motor Aus“ 57 mittels eines ersten Befehls „Motor Start“ 58 versetzbar. Weiterhin ist die Brennkraftmaschine 1 von dem ersten Zustand „Einstoffbetrieb“ 55 in den zweiten Zustand „Motor Aus“ 57 mittels eines zweiten Befehls „Motor Stop“ 58 versetzbar, wenn die Brennkraftmaschine 1 insbesondere über einen Abschalt-Befehl 59 ausgeschaltet wird.

Der erste Zustand „Einstoffbetrieb“ 55 wird insbesondere auch dann eingestellt, wenn ein dritter Befehl 61 beispielsweise durch einen Bediener oder durch ein Zweistoffdiagnosesystem, insbesondere bei Erkennung eines Fehlers, erteilt wird. Das Erreichen des ersten Zustands „Einstoffbetrieb“ 55 kann vorzugsweise von jedem der im Folgenden beschriebenen Zustände ausgehend, insbesondere ausgelöst mittels des Zweistoffdiagnosesystems, realisiert werden. Der erste Zustand „Einstoffbetrieb“ 55 bleibt insbesondere solange eingestellt, wie insbesondere seitens des Zweistoffdiagnosesystems keine Zweistofffreigabe 63 erfolgt. Erfolgt die Zweistofffreigabe 63, so wird die Brennkraftmaschine 1 in einen dritten Zustand „Zweistoff Init“ 65 versetzt.

Aus dem dritten Zustand „Zweistoff Init“ 65 wird die Brennkraftmaschine 1 in einen vierten Zustand „Zweistoff Ready“ 67 versetzt. In dem vierten Zustand „Zweistoff Ready“ 67 wird die

Brennkraftmaschine 1 nur mit dem ersten Brennstoff betrieben. Wird insbesondere aufgrund der Lage eines Betriebspunkts der Brennkraftmaschine 1 ein vierter Befehl „Zweistoff Start“ 69 gegeben, wird die Brennkraftmaschine 1 in einen fünften Zustand „zweiten Brennstoff aktivieren“ 71 versetzt. Gibt insbesondere das Zweistoffdiagnosesystem eine Freigabe 73 des zweiten Brennstoffs, wird die Brennkraftmaschine 1 in einen sechsten Zustand „Zweistoff Start“ 75 versetzt. In diesem sechsten Zustand 75 wird auf einen Betrieb der Brennkraftmaschine 1 mit dem ersten und dem zweiten Brennstoff gewechselt, wobei insbesondere ein Einspritzbeginn (Begin Of Injection – BOI) und/oder ein Raildruck pRAIL für die Brennkraftmaschine 1 angepasst wird. Nach diesem Wechsel der Kennfelder wird ein siebter Zustand „Zweistoff Active“ 77 eingenommen, in welchem die Brennkraftmaschine 1 mit dem ersten und dem zweiten Brennstoff betrieben wird.

Wird aufgrund der Lage eines Betriebspunkts der Brennkraftmaschine 1 ein fünfter Befehl „Zweistoff beenden“ 78 gegeben, wird vorzugsweise ein achter Zustand „Zweistoff Stop“ 79 eingenommen. Es ist auch möglich, dass dieser achte Zustand eingenommen wird, wenn dies von einem Bediener oder dem Zweistoffdiagnosesystem, beispielsweise bei Erkennung eines Fehlers, vorgegeben wird. Es wird insbesondere wieder auf einen Betrieb der Brennkraftmaschine 1 nur mit dem ersten Brennstoff gewechselt. Anschließend wird die Brennkraftmaschine 1 in einen neunten Zustand „zweiten Brennstoff deaktivieren“ 81 versetzt. Die Brennkraftmaschine 1 wird dann wieder insbesondere nur mit dem ersten Brennstoff betrieben und in den vierten Zustand „Zweistoff Ready“ 67 versetzt. Vorzugsweise wird die Brennkraftmaschine 1 anschließend über einen sechsten Befehl „Zweistoff Reset“ 83 in den dritten Zustand „Zweistoff Init“ 65 versetzt. Es ist aber auch möglich, dass die Brennkraftmaschine 1 von dem vierten Zustand „Zweistoff Ready“ 67 direkt in den ersten Zustand „Einstoffbetrieb“ 55 versetzt wird, was in Figur 3 nicht dargestellt ist.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Kennfelds der Brennkraftmaschine 1. Gleiche und funktionsgleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird.

Das Kennfeld weist eine Drehzahlachse 85 auf, auf welcher eine insbesondere momentane Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 abgetragen ist. Auf einer Solldrehmomentachse 87 ist ein Solldrehmoment der Brennkraftmaschine 1 abgetragen. Es ist ein Einstoffkennfeld 89 vorgesehen. Liegt ein insbesondere durch das Solldrehmoment und die Drehzahl der

Brennkraftmaschine 1 bestimmter Betriebspunkt der Brennkraftmaschine 1 in dem Einstoffkennfeld 89, wird die Brennkraftmaschine 1 insbesondere nur mit dem ersten Brennstoff betrieben, wobei sich die Brennkraftmaschine 1 insbesondere in dem zweiten Betriebszustand, beispielsweise in dem ersten Zustand „Einstoffbetrieb“ 55, befindet.

5

Weiterhin ist ein vorbestimmter stationärer Zweistoffkennfeldbereich 91 vorgesehen. Liegt der bestimmte Betriebspunkt darin, kann die Brennkraftmaschine 1 mit dem ersten und dem zweiten Brennstoff betrieben werden, wobei sich die Brennkraftmaschine 1 dann insbesondere in dem ersten Betriebszustand, beispielsweise in dem siebten Zustand „Zweistoff Active“ 77, befindet.

10

Insbesondere wird die Brennkraftmaschine 1 in dem stationären Zweistoffkennfeldbereich 91 mit dem ersten und mit dem zweiten Brennstoff betrieben, wenn eine vorbestimmte Mindestdrehzahl und/oder eine vorbestimmte Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine 1 erreicht oder überschritten ist/sind. Es ist also insbesondere möglich, dass die

15

Brennkraftmaschine 1 auch in dem stationären Zweistoffkennfeldbereich 91 nur mit dem ersten Brennstoff betrieben wird, wenn, beispielsweise nach deren Start, die vorbestimmte Mindestdrehzahl und/oder die vorbestimmte Betriebstemperatur noch nicht erreicht ist/sind, oder andere Bedingungen für einen Betrieb mit dem ersten und dem zweiten Brennstoff noch nicht erfüllt sind.

20

Der stationäre Zweistoffkennfeldbereich 91 ist vorzugsweise als dreidimensionaler Kennfeldbereich ausgebildet. Es ist ein – aus Sicht eines Betrachters – oberer Bereich 91' und ein unterer Bereich 91'' vorgesehen. Der obere und der untere Bereich 91', 91'' sind hier durch eine gestrichelte Linie voneinander getrennt. Wird die Brennkraftmaschine 1 insbesondere bei einem höheren Umgebungsluftdruck betrieben, umfasst der stationäre Zweistoffkennfeldbereich 91 vorzugsweise den oberen und den unteren Bereich 91', 91''. Wird die Brennkraftmaschine – insbesondere in einer größeren geodätischen Höhe – bei einem geringeren Umgebungsluftdruck betrieben, umfasst der stationäre Zweistoffkennfeldbereich 91 vorzugsweise lediglich den unteren Bereich 91''. Durch eine solche Anpassung des stationären Zweistoffkennfeldbereichs 91 kann insbesondere eine Überhitzung der Brennkraftmaschine 1 bei einem Betrieb

25

30

insbesondere bei geringerem Umgebungsluftdruck dadurch vermieden werden, dass eine Obergrenze des Solldrehmoments reduziert wird. Im Folgenden wird von einem stationären Zweistoffkennfeldbereich 91, bestehend aus dem oberen und dem unteren Bereich 91', 91'', ausgegangen.

- Weiterhin ist ein transienter Zweistoffkennfeldbereich 93 vorgesehen, welcher vorzugsweise als dreidimensionaler Kennfeldbereich ausgebildet ist. Bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine 1 mit dem ersten und dem zweiten Brennstoff darf der bestimmte Betriebspunkt für eine vorbestimmte Zeitdauer außerhalb des vorbestimmten stationären Zweistoffkennfeldbereichs 91, insbesondere in dem transienten Zweistoffkennfeldbereich 93, liegen. Der bestimmte Betriebspunkt der Brennkraftmaschine 1 kann also für die vorbestimmte, insbesondere maximale Zeitdauer in dem transienten Zweistoffkennfeldbereich 93 liegen, insbesondere ohne dass die Brennkraftmaschine 1 aus dem ersten Betriebszustand, beispielsweise dem siebten Zustand „Zweistoff Active“ 77, in einen Betrieb nur mit dem ersten Brennstoff, mithin den zweiten Betriebszustand, beispielsweise den ersten Zustand „Einstoffbetrieb“ 55 oder den dritten Zustand „Zweistoff Init“ 65, versetzt wird. Wenn die vorbestimmte Zeitdauer abgelaufen ist und der bestimmte Betriebspunkt immer noch in dem transienten Zweistoffkennfeldbereich 93 liegt, wird vorzugsweise ein Wechsel von dem ersten in den zweiten Betriebszustand durchgeführt.
- Bei einer Verlagerung des bestimmten Betriebspunkts aus dem Einstoffkennfeld 89 direkt, also nicht über den stationären Zweistoffkennfeldbereich 91, in den transienten Zweistoffkennfeldbereich 93, findet bevorzugt kein Wechsel von dem zweiten Betriebszustand in den ersten Betriebszustand statt.
- Liegt der bestimmte Betriebspunkt in dem stationären oder in dem transienten Zweistoffkennfeldbereich 91, 93, so ergibt sich also unter bestimmten Voraussetzungen eine Möglichkeit für einen Betrieb der Brennkraftmaschine 1 in dem ersten Betriebszustand. Es ist aber insbesondere auch möglich, dass die Brennkraftmaschine 1 bei einer Lage des bestimmten Betriebspunkts in dem stationären oder transienten Zweistoffkennfeldbereich 91, 93 in dem zweiten Betriebszustand betrieben wird.
- Insgesamt zeigt sich, dass durch das Verfahren, die Korrekturregeleinrichtung 3 und die Brennkraftmaschine 1 ein sicherer Betrieb der Brennkraftmaschine 1 mit dem ersten Brennstoff, insbesondere Diesel, und dem zweiten Brennstoff, insbesondere einem Brenngas, bei verschiedenen, insbesondere auch unbekannten Eigenschaften des zweiten Brennstoffs, beispielsweise von dessen Brennwert, möglich ist, wobei eine optimale Substitution des ersten Brennstoffs durch den zweiten Brennstoff und damit Kosteneinsparungen realisiert werden können.

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben einer zum Betrieb mit wenigstens zwei Brennstoffen
5 eingerichteten Brennkraftmaschine (1), wobei in einem ersten Betriebszustand
- eine erste Istmenge (5) eines ersten, wenigstens einem Brennraum der Brennkraftmaschine (1) zugeführten Brennstoffs ermittelt wird, wobei
 - eine erste Sollmenge (7) für den ersten Brennstoff vorgegeben wird, wobei
 - mittels eines Vergleichs (8) der ersten Istmenge (5) des ersten Brennstoffs mit der
10 ersten Sollmenge (7) für den ersten Brennstoff ein Korrekturwert (9) ermittelt wird, und wobei
 - eine zweite Istmenge (13) eines zweiten dem wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine (1) zugeführten Brennstoffs, der von dem ersten Brennstoff verschieden ist, in Abhängigkeit von dem Korrekturwert (9) eingestellt wird.
- 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als erster Brennstoff ein flüssiger Brennstoff verwendet wird, wobei als zweiter Brennstoff ein gasförmiger Brennstoff verwendet wird.
- 20
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Istmenge (5) des ersten Brennstoffs durch Einstellen der zweiten Istmenge (13) des zweiten Brennstoffs geregelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine
25 Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) durch Einstellen der ersten Istmenge (5) des ersten Brennstoffs geregelt wird, wobei vorzugsweise die Regelung der Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) schneller durchgeführt wird, als die Regelung der ersten Istmenge (5) des ersten Brennstoffs.
- 30
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Sollmenge (7) für den ersten Brennstoff in Abhängigkeit von
- a) einem Solldrehmoment der Brennkraftmaschine (1), und/oder
 - b) einer Drehzahl der Brennkraftmaschine (1), und/oder

- c) bestimmten Umgebungsparametern der Brennkraftmaschine (1), und/oder
- d) bestimmten Eigenschaften des zweiten Brennstoffs, und/oder
- e) einem Klopfverhalten der Brennkraftmaschine (1)

vorgegeben wird.

5

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zweite Sollmenge (26) für den zweiten Brennstoff vorzugsweise in Abhängigkeit von dem Solldrehmoment der Brennkraftmaschine (1) vorgegeben wird, wobei durch die zweite Sollmenge (26) in Verbindung mit dem Korrekturwert (9) die zweite Istmenge (13) bestimmt

10

wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennkraftmaschine (1) mit dem ersten Brennstoff und mit dem zweiten Brennstoff betrieben wird, wenn ein Betriebspunkt der Brennkraftmaschine (1) in einem vorbestimmten stationären Zweistoffkennfeldbereich (91) liegt.

15

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine (1) mit dem ersten und dem zweiten Brennstoff der Betriebspunkt für eine vorbestimmte Zeitdauer außerhalb des vorbestimmten stationären Zweistoffkennfeldbereichs (91) liegen darf.

20

9. Korrekturregeleinrichtung (3) zur Regelung einer Brennstoffdosierung für eine zum Betrieb mit wenigstens zwei Brennstoffen eingerichteten Brennkraftmaschine (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass

25

- die Korrekturregeleinrichtung (3) eingerichtet ist, um mittels eines Vergleichs (8) einer ersten Istmenge (5) eines ersten, wenigstens einem Brennraum der Brennkraftmaschine (1) zugeführten Brennstoffs mit einer ersten Sollmenge (7) für den ersten Brennstoff einen Korrekturwert (9) zu ermitteln, wobei
- die Korrekturregeleinrichtung (3) eingerichtet ist, um eine zweite Istmenge (13) eines

30

zweiten dem wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine (1) zugeführten Brennstoffs, der von dem ersten Brennstoff verschieden ist, in Abhängigkeit von dem Korrekturwert (9) einzustellen, und wobei

- die Korrekturregeleinrichtung (3) insbesondere eingerichtet ist zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

10. Brennkraftmaschine (1), eingerichtet zum Betrieb mit wenigstens zwei Brennstoffen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennkraftmaschine (1) eine Korrekturregeleinrichtung (3) nach Anspruch 9 aufweist.

1/2

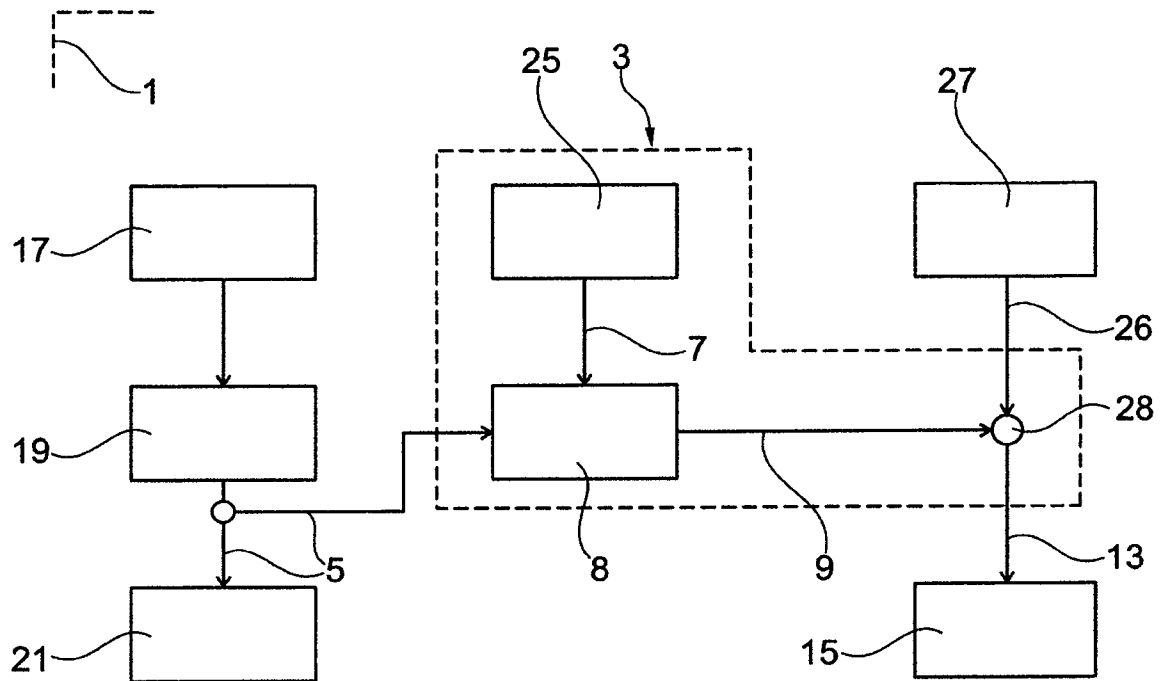


Fig. 1

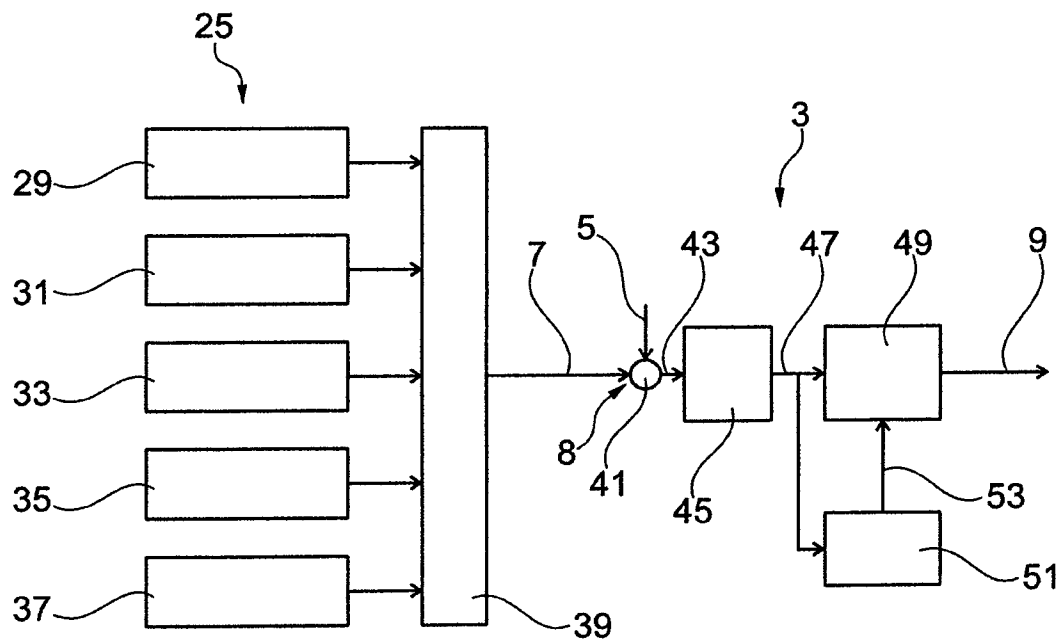


Fig. 2

2/2

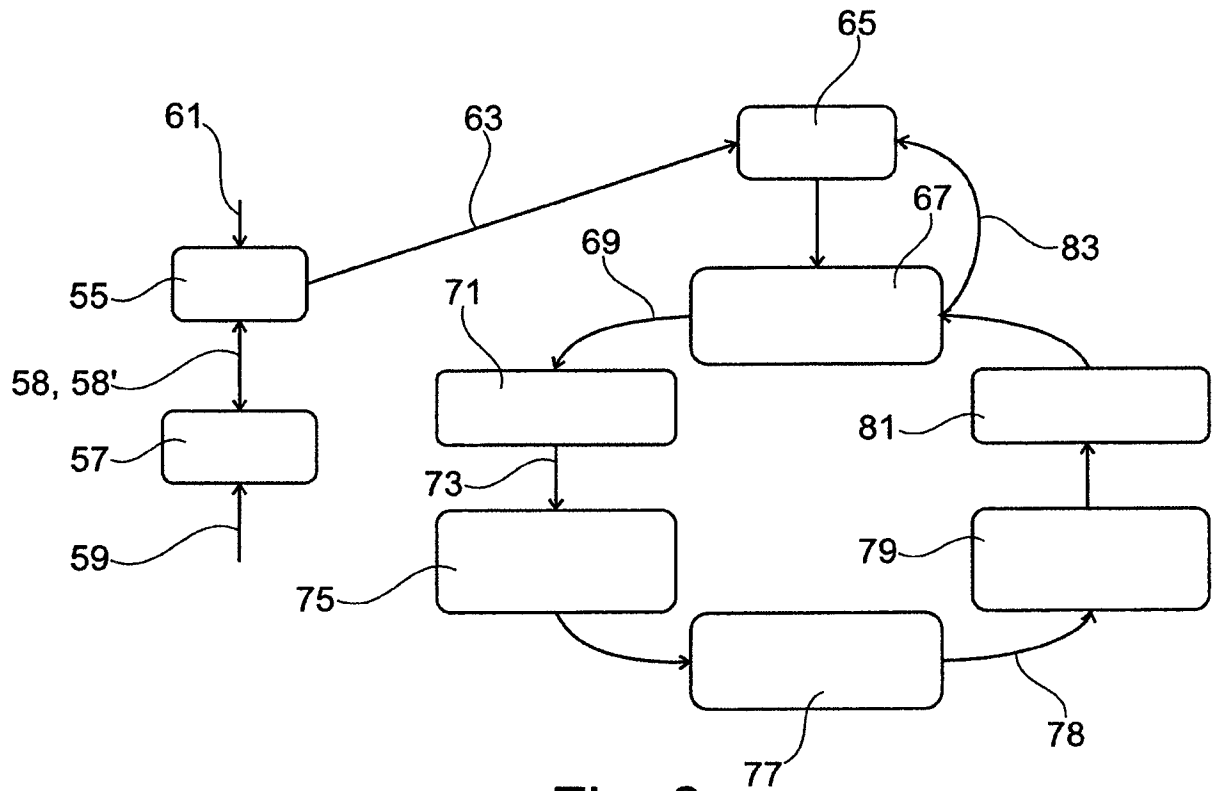


Fig. 3

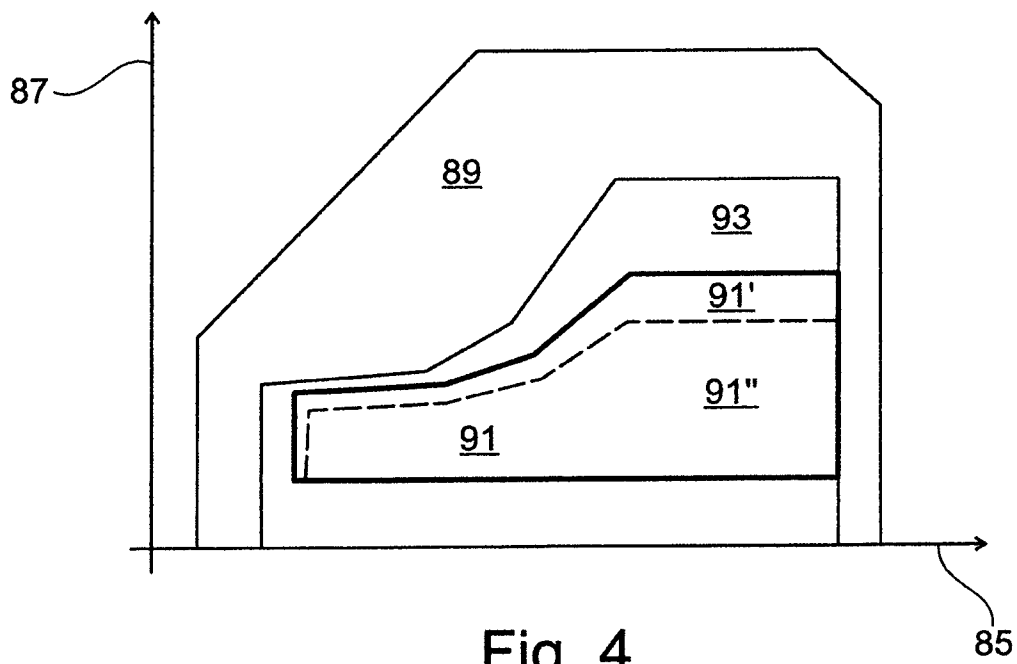


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/001310

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02D19/08 F02D19/10 F02D41/00
ADD.

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 10 2011 003687 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 9 August 2012 (2012-08-09) abstract; claim 1; figures paragraphs [0008] - [0010], [0014], [0024] - [0035] -----	1-10
X	DE 10 2012 017440 A1 (LOTRONIC GMBH) 6 March 2014 (2014-03-06) abstract; claim 1; figure paragraphs [0002] - [0004], [0008] - [0025], [0034] - [0038] -----	1-10
X	WO 2016/073588 A1 (CUMMINS INC) 12 May 2016 (2016-05-12) abstract; figures paragraphs [0026], [0036] - [0043], [0051] - [0148] ----- -/-	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

14 February 2018

Date of mailing of the international search report

21/02/2018

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Döring, Marcus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/001310

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2014 216874 A1 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH) 25 February 2016 (2016-02-25) abstract; figures paragraphs [0060] - [0078] -----	1-10
X	GB 2 402 754 A (CLEAN AIR PARTNERS INC) 15 December 2004 (2004-12-15) abstract; figures page 9, line 13 - page 17, line 5 -----	1-10
X	WO 2012/028944 A1 (TOYOTA JIDOSHA KK; MASUBUCHI MASAHIKO) 8 March 2012 (2012-03-08) abstract; figures paragraphs [0005] - [0012], [0024] - [0046] -----	1-10
X	DE 10 2013 225592 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 11 June 2015 (2015-06-11) abstract; figures paragraphs [0011] - [0020] -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/001310

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011003687 A1	09-08-2012	DE 102011003687 A1	09-08-2012
		WO 2012107334 A1	16-08-2012
DE 102012017440 A1	06-03-2014	DE 102012017440 A1	06-03-2014
		WO 2014037096 A1	13-03-2014
WO 2016073588 A1	12-05-2016	US 2017234245 A1	17-08-2017
		WO 2016073588 A1	12-05-2016
DE 102014216874 A1	25-02-2016	DE 102014216874 A1	25-02-2016
		US 2017268438 A1	21-09-2017
		WO 2016030002 A1	03-03-2016
GB 2402754 A	15-12-2004	AU 2004250135 A1	29-12-2004
		EP 1631739 A1	08-03-2006
		GB 2402754 A	15-12-2004
		WO 2004113705 A1	29-12-2004
WO 2012028944 A1	08-03-2012	JP 2012057471 A	22-03-2012
		WO 2012028944 A1	08-03-2012
DE 102013225592 A1	11-06-2015	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02D19/08 F02D19/10 F02D41/00
 ADD.

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 10 2011 003687 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 9. August 2012 (2012-08-09) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen Absätze [0008] - [0010], [0014], [0024] - [0035] -----	1-10
X	DE 10 2012 017440 A1 (LOTRONIC GMBH) 6. März 2014 (2014-03-06) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung Absätze [0002] - [0004], [0008] - [0025], [0034] - [0038] -----	1-10
X	WO 2016/073588 A1 (CUMMINS INC) 12. Mai 2016 (2016-05-12) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0026], [0036] - [0043], [0051] - [0148] ----- -/-	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

14. Februar 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/02/2018

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

Döring, Marcus

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2014 216874 A1 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH) 25. Februar 2016 (2016-02-25) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0060] - [0078] -----	1-10
X	GB 2 402 754 A (CLEAN AIR PARTNERS INC) 15. Dezember 2004 (2004-12-15) Zusammenfassung; Abbildungen Seite 9, Zeile 13 - Seite 17, Zeile 5 -----	1-10
X	WO 2012/028944 A1 (TOYOTA JIDOSHA KK; MASUBUCHI MASAHIKO) 8. März 2012 (2012-03-08) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0005] - [0012], [0024] - [0046] -----	1-10
X	DE 10 2013 225592 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 11. Juni 2015 (2015-06-11) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0011] - [0020] -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/001310

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011003687 A1	09-08-2012	DE 102011003687 A1	09-08-2012
		WO 2012107334 A1	16-08-2012
DE 102012017440 A1	06-03-2014	DE 102012017440 A1	06-03-2014
		WO 2014037096 A1	13-03-2014
WO 2016073588 A1	12-05-2016	US 2017234245 A1	17-08-2017
		WO 2016073588 A1	12-05-2016
DE 102014216874 A1	25-02-2016	DE 102014216874 A1	25-02-2016
		US 2017268438 A1	21-09-2017
		WO 2016030002 A1	03-03-2016
GB 2402754 A	15-12-2004	AU 2004250135 A1	29-12-2004
		EP 1631739 A1	08-03-2006
		GB 2402754 A	15-12-2004
		WO 2004113705 A1	29-12-2004
WO 2012028944 A1	08-03-2012	JP 2012057471 A	22-03-2012
		WO 2012028944 A1	08-03-2012
DE 102013225592 A1	11-06-2015	KEINE	