

(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  
26. Januar 2017 (26.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/012682 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*F02D 41/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/000901

(22) Internationales Anmeldedatum:  
2. Juni 2016 (02.06.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2015 213 639.6 20. Juli 2015 (20.07.2015) DE

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

(72) Erfinder: **WALDER, Michael**; Kapuzinerstraße 11,  
88212 Ravensburg (DE). **FLOHR, Andreas**;  
Winkelhofstraße 19, 88693 Unterschiggingen (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, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,  
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.

(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)

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, CONTROLLER FOR AN INTERNAL  
COMBUSTION ENGINE, AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE, STEUEREINRICHTUNG FÜR  
EINE BRENNKRAFTMASCHINE, UND BRENNKRAFTMASCHINE

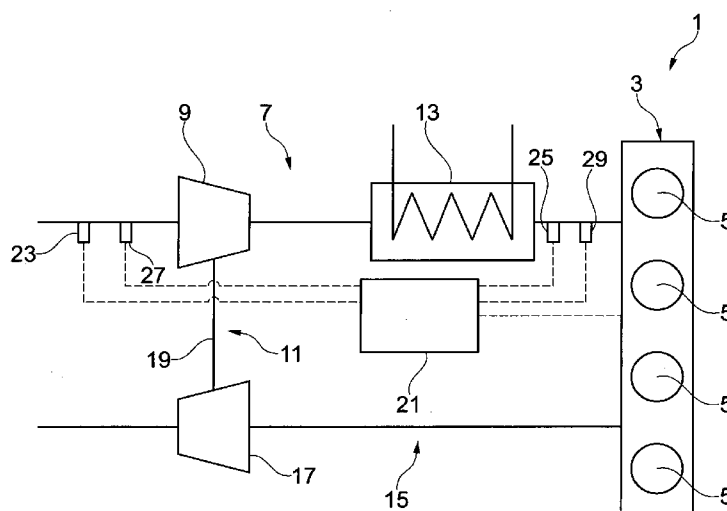


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine (1) which has a compressor (9). An intake air temperature (T1) of intake air is determined, said intake air being fed to the compressor (9); an intake air pressure (p1) of the intake air fed to the compressor (9) is determined; and a first charge air pressure (p5) of a charge air downstream of the compressor (9) is determined. A maximum output is determined for the internal combustion engine (1) depending on the determined intake air temperature (T1), the determined intake air pressure (p1), and the determined first charge air pressure (p5), and the internal combustion engine (1) is actuated so as to maximally generate the ascertained maximum output.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum  
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



---

Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), die einen Verdichter (9) aufweist, wobei eine Ansauglufttemperatur ( $T_1$ ) von Ansaugluft bestimmt wird, welche dem Verdichter (9) zugeführt wird, wobei ein Ansaugluftdruck ( $p_1$ ) der dem Verdichter (9) zugeführten Ansaugluft bestimmt wird, wobei ein erster Ladeluftdruck ( $p_5$ ) einer Ladeluft stromabwärts des Verdichters (9) bestimmt wird, wobei eine Maximalleistung für die Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit von der bestimmten Ansauglufttemperatur ( $T_1$ ), dem bestimmten Ansaugluftdruck ( $p_1$ ) und dem bestimmten, ersten Ladeluftdruck ( $p_5$ ) ermittelt wird, und wobei die Brennkraftmaschine (1) so angesteuert wird, dass sie maximal die ermittelte Maximalleistung erzeugt.

## BESCHREIBUNG

5     **Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine, und Brennkraftmaschine**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, eine Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine und eine Brennkraftmaschine.

10

Sollen Brennkraftmaschinen hohe Leistungen erbringen, werden diese häufig mit einem Verdichter, beispielsweise einem Kompressor oder einem Verdichter eines Abgasturboladers, ausgestattet. Mit einem solchen Verdichter wird Ladeluft, welche Brennräumen der Brennkraftmaschine für den Verbrennungsvorgang zugeführt wird, verdichtet. In einigen Anwendungsbereichen muss dabei ein hoher Verdichtungsgrad, der auch als Aufladegrad bezeichnet wird, erreicht werden. Dies bewirkt regelmäßig eine sehr hohe Temperatur der verdichteten Ladeluft stromabwärts des Verdichters. Dies kann dazu führen, dass in dem Verdichter verbaute Werkstoffe, beispielsweise ein Werkstoff, aus welchem ein Verdichterrad gebildet ist, stark belastet werden, wobei sich Materialkennwerte solcher Werkstoffe bei den dann herrschenden, hohen Temperaturen verschlechtern. Beispielsweise kann die Eigenschaft eines Verdichterrads stark herabgesetzt werden, hohe Zugspannungen aufzunehmen. Hinzu kommt die Problematik, dass bei heute erreichten, hohen Aufladegraden die Drehzahl des Verdichters so hoch werden kann, dass ein für das Verdichterrad verwendeter Werkstoff auch unabhängig von der Verdichteraustrittstemperatur, gerade aber auch in Zusammenhang mit hohen Verdichteraustrittstemperaturen, an seine Belastungsgrenze kommt. Ein Überschreiten einer maximal möglichen Drehzahl durch das Verdichterrad kann ein Bersten des Verdichters oder des Verdichterrades zur Folge haben, was aus Sicherheitsgründen unbedingt verhindert werden muss. Als Werkstoff für ein solches Verdichterrad wird beispielsweise Aluminium eingesetzt. Eine Verschlechterung der Materialeigenschaften des Verdichterrads kann zur Beschädigung oder Zerstörung des Verdichters führen. Es zeigt sich, dass die Verdichteraustrittstemperatur der Ladeluft in engem Zusammenhang zu einer Umgebungstemperatur einer Umgebung steht, in welcher die Brennkraftmaschine betrieben wird. Weiterhin besteht jeweils ein Zusammenhang sowohl zwischen der Verdichteraustrittstemperatur als auch zwischen der Verdichterdrehzahl einerseits, und einem

30

- Druckverhältnis zwischen einem Druck stromaufwärts und stromabwärts des Verdichters andererseits, sowie zwischen der Verdichteraustrittstemperatur und dem Verdichterwirkungsgrad. Bei heute erreichbaren hohen Aufladegraden wird ohne weiteres eine Temperatur von mehr als 240 °C erreicht, wobei hier insbesondere der häufig verwendete
- 5 Verdichterradwerkstoff Aluminium an seine Belastungsgrenze kommt. Die Belastungsgrenze wird umso eher erreicht, je höher die Umgebungstemperatur ist, bei welcher die Brennkraftmaschine betrieben wird, und je höher ein Einsatzort der Brennkraftmaschine gelegen und je niedriger der Luftdruck in der Umgebung der Brennkraftmaschine ist.
- 10 Um eine Beschädigung oder Zerstörung des Verdichters aufgrund einer zu hohen Verdichteraustrittstemperatur der Ladeluft und/oder einer zu hohen Drehzahl zu verhindern, ist es möglich, eine Leistungserzeugung der Brennkraftmaschine unter Berücksichtigung pessimistischer Voraussetzungen und Einsatzbedingungen auf einen als sicher geltenden Wert zu begrenzen. Nachteilig hierbei ist, dass aber die Leistung der Brennkraftmaschine, insbesondere
- 15 deren Nennleistung, dann nicht voll ausgeschöpft werden kann, selbst wenn dies die konkret vorliegenden Einsatz- und Umgebungsbedingungen an sich erlauben würden. Es ist auch möglich, einen Temperatursensor und/oder einen Drehzahlsensor zu verwenden, mit welchem/welchen die Temperatur der Ladeluft am Austritt des Verdichters und/oder dessen Drehzahl erfasst wird/werden. In Abhängigkeit von Messwerten der Sensoren wird dann die
- 20 Leistungserzeugung der Brennkraftmaschine begrenzt oder reduziert. Solche Sensoren sind allerdings kostenintensiv und fehleranfällig.

- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, eine Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine und eine
- 25 Brennkraftmaschine zu schaffen, wobei die genannten Nachteile nicht auftreten. Insbesondere soll es möglich sein, auf technisch einfache und effiziente Weise eine Beschädigung eines Verdichters einer Brennkraftmaschine aufgrund einer hohen Temperatur der Ladeluft am Verdichteraustritt und/oder aufgrund einer hohen Drehzahl zu vermeiden.
- 30 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 geschaffen wird, bei dem eine Brennkraftmaschine betrieben wird, welche einen Verdichter aufweist, wobei eine

Ansauglufttemperatur von Ansaugluft bestimmt wird, welche dem Verdichter zugeführt wird. Es wird ein Ansaugluftdruck der dem Verdichter zugeführten Ansaugluft bestimmt. Weiterhin wird ein erster Ladeluftdruck einer Ladeluft stromabwärts des Verdichters bestimmt. Es wird eine Maximalleistung für die Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von der bestimmten

- 5 Ansauglufttemperatur, dem bestimmten Ansaugluftdruck und dem bestimmten ersten Ladeluftdruck ermittelt. Die Brennkraftmaschine wird so angesteuert, dass sie maximal die ermittelte Maximalleistung erzeugt. Es ist auf diese Weise möglich, die Leistungserzeugung der Brennkraftmaschine auf die ermittelte Maximalleistung zu begrenzen oder zu verringern, wobei eine Beschädigung des Verdichters bedingt durch eine zu hohe Ladelufttemperatur und/oder eine
- 10 zu hohe Drehzahl weitestgehend verhindert, vorzugsweise verhindert werden kann. Die Maximalleistung wird vorteilhafterweise so festgelegt, dass eine zu hohe Temperatur der Ladeluft und/oder eine zu hohe Drehzahl, bei der/denen eine Beschädigung des Verdichters zu befürchten wäre, vermieden wird/werden.

- 15 Auf ein unmittelbares Messen der Ladelufttemperatur, beispielsweise mittels eines Temperatursensors am Austritt des Verdichters, kann verzichtet werden, wodurch das Verfahren kostengünstig und wenig fehleranfällig durchführbar ist. Alternativ oder zusätzlich kann auf ein unmittelbares Messen der Drehzahl des Verdichters, beispielsweise mittels eines Drehzahlsensors, verzichtet werden, wodurch sich das Verfahren ebenfalls kostengünstig und
- 20 wenig fehleranfällig gestaltet.

Die Maximalleistung wird somit vorteilhafterweise zum Begrenzen der Temperatur der Ladeluft und/oder der Drehzahl ermittelt.

- 25 Bevorzugt wird die Maximalleistung ausschließlich abhängig von der bestimmten Ansauglufttemperatur, dem bestimmten Ansaugluftdruck und dem bestimmten ersten Ladeluftdruck ermittelt. Diese Parameter sind somit Eingangsgrößen für das Verfahren zum Ermitteln der Maximalleistung.
- 30 Mithilfe des Verfahrens ist es möglich, in vorteilhafter Weise eine Leistungsbegrenzung oder eine Leistungsverringerung der Brennkraftmaschine vorzunehmen, welche konkret an Einsatz- und Umgebungsbedingungen angepasst ist, die insbesondere an demjenigen Ort herrschen, an welchem die Brennkraftmaschine betrieben wird. Es muss daher nicht von unnötig pessimistischen Ausgangsbedingungen ausgegangen werden, sodass die Leistung der

Brennkraftmaschine bis hin zu ihrer Nennleistung unter günstigen, konkret vorliegenden Bedingungen ausgeschöpft werden kann. Insbesondere ist es möglich, die Maximalleistung besonders genau auf die Belastungsgrenze des Verdichters einzustellen. Dadurch kann eine hohe Leistungsfähigkeit der Brennkraftmaschine bei gleichzeitigem Vermeiden einer Überlastungssituation, vor allem des Verdichters, gewährleistet werden.

Unter einem „Verdichter“ wird hier und im Folgenden eine Einrichtung verstanden, welche eingerichtet und vorgesehen ist, um mindestens einem Brennraum der Brennkraftmaschine zugeführte Verbrennungsluft oder ein Verbrennungsluft-Brennstoff-Gemisch, vorzugsweise aber reine Verbrennungsluft ohne Brennstoff, zu verdichten. Dabei kann es sich um einen einstufigen oder einen mehrstufigen Verdichter oder auch um eine Stufe einer mehrstufigen Verdichtereinrichtung handeln.

Es ist möglich, dass der Verdichter als Teil eines Kompressors ausgebildet ist, wobei ein Verdichterrad des Verdichters bevorzugt von einer Antriebseinrichtung, beispielsweise einem Elektromotor, angetrieben wird. Alternativ ist es möglich, dass der Verdichter als Teil eines Abgasturboladers ausgebildet ist, wobei ein Verdichterrad des Verdichters vorzugsweise von einer Turbine, insbesondere von einem Turbinenrad, angetrieben wird, welches von Abgas der Brennkraftmaschine angeströmt wird.

Unter dem Begriff „Ansaugluft“ wird Verbrennungsluft und/oder ein Verbrennungsluft-Brennstoff-Gemisch, vorzugsweise aber reine Verbrennungsluft ohne Brennstoff, verstanden, welche/welches dem Verdichter zugeführt, vorzugsweise von diesem angesaugt wird. Dabei kann es sich um Umgebungsluft der Brennkraftmaschine handeln, aber auch um vorverdichtete Luft aus einer vorhergehenden Verdichterstufe, insbesondere einem vorgeschalteten Verdichter.

Unter dem Begriff „Ansauglufttemperatur“ wird entsprechend die Temperatur der dem Verdichter zugeführten Ansaugluft verstanden, insbesondere die Temperatur der Ansaugluft am Ort des Verdichtereintritts oder stromaufwärts hiervon. Es ist möglich, dass als Ansauglufttemperatur die Umgebungstemperatur der Brennkraftmaschine verwendet wird, oder dass die Ansauglufttemperatur anhand der Umgebungstemperatur der Brennkraftmaschine abgeschätzt oder ermittelt wird. Es ist aber auch möglich, dass ein Temperatursensor stromaufwärts des Verdichters zur Erfassung der Ansauglufttemperatur angeordnet ist. Auch zur Erfassung der Umgebungstemperatur wird bevorzugt ein Temperatursensor verwendet.

Unter dem Begriff „Ansaugluftdruck“ wird insbesondere der Druck der dem Verdichter zugeführten Ansaugluft am Ort des Verdichtereintritts oder stromaufwärts des Verdichters verstanden. Zur Ermittlung des Ansaugluftdrucks ist es möglich, dass ein Drucksensor  
5 stromaufwärts des Verdichters angeordnet ist. Es ist auch möglich, dass ein – ebenfalls mittels eines entsprechend geeignet angeordneten Drucksensors – bestimmter Umgebungsluftdruck zur Bestimmung des Ansaugluftdrucks verwendet wird, wobei zur Ermittlung des Ansaugluftdrucks insbesondere bevorzugt ein über einem Luftfilter abfallender Druckverlust und/oder ein Ansaug-  
Druckverlust einer Ansaugverrohrung zur Leitung der Ansaugluft zu dem Verdichter von dem  
10 Umgebungsdruck abgezogen wird.

Unter dem Begriff „Ladeluft“ wird ein Druck der von dem Verdichter verdichteten Luft stromabwärts des Verdichters bezeichnet, insbesondere ein Druck, der unmittelbar stromaufwärts eines Brennraums der Brennkraftmaschine herrscht, mit welchem also die Ladeluft dem  
15 Brennraum zugeführt wird, insbesondere ein Druck unmittelbar stromaufwärts eines Einlassventils des Brennraums, oder aber ein Druck unmittelbar stromabwärts des Verdichters, insbesondere am Verdichteraustritt. Es ist möglich, dass diese Ladeluftdrücke zumindest weitgehend identisch sind, insbesondere wenn kein Ladeluftkühler vorgesehen ist. Sind jedoch in dem Ladeluftpfad von dem Verdichter ausgehend zu dem wenigstens einen Brennraum  
20 druckverlusterzeugende Elemente, beispielsweise ein Ladeluftkühler, vorhanden, unterscheiden sich die beiden zuvor beschriebenen Ladeluftdrücke. Der erste Ladeluftdruck ist dann vorzugsweise der Druck der Ladeluft unmittelbar stromaufwärts des wenigstens einen Brennraums, mit welchem die Ladeluft in den wenigstens einen Brennraum eingelassen wird.

25 Unter dem Begriff „Maximalleistung für die Brennkraftmaschine“ wird eine Leistung verstanden, bis zu welcher die Brennkraftmaschine bei den konkret gegebenen Bedingungen, insbesondere bei der gegebenen Ansauglufttemperatur, dem gegebenen Ansaugluftdruck, und dem ersten Ladeluftdruck, betrieben werden kann, ohne dass eine Gefährdung, insbesondere eine Beschädigung oder Zerstörung des Verdichters aufgrund einer zu hohen  
30 Verdichteraustrittstemperatur oder einer zu hohen Drehzahl zu befürchten ist. Es handelt sich bei der Maximalleistung also insbesondere um eine Obergrenze für die von der Brennkraftmaschine abzugebende Leistung. Entsprechend wird die Brennkraftmaschine bevorzugt so angesteuert, dass sie maximal die ermittelte Maximalleistung erzeugt, um den Verdichter vor einer Beschädigung oder Zerstörung zu bewahren. Es ist möglich, dass die Maximalleistung unter

Normbedingungen mit der Nennleistung der Brennkraftmaschine zusammenfällt. Abhängig von den konkret vorliegenden Betriebsbedingungen, insbesondere der Ansauglufttemperatur, dem Ansaugluftdruck und dem ersten Ladeluftdruck, ergibt sich im Rahmen des Verfahrens aber bevorzugt eine verminderte Maximalleistung, die kleiner ist als die Nennleistung. Die tatsächlich

5 abgegebene Leistung der Brennkraftmaschine wird also begrenzt, um eine Beschädigung oder Zerstörung des Verdichters zu vermeiden.

Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Ladeluft mittels eines Ladeluftkühlers gekühlt wird, wobei der erste Ladeluftdruck der gekühlten

10 Ladeluft stromabwärts des Ladeluftkühlers bestimmt wird, und wobei eine Druckdifferenz, die über dem Ladeluftkühler abfällt, bestimmt wird. Es wird ein zweiter Ladeluftdruck zum Ermitteln der Maximalleistung für die Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von dem bestimmten ersten Ladeluftdruck der gekühlten Ladeluft stromabwärts des Ladeluftkühlers und der bestimmten Druckdifferenz bestimmt. Der Ladeluftkühler, worunter insbesondere eine

15 Einrichtung verstanden wird, die eingerichtet ist, um die aus dem Verdichter austretende, durch die Verdichtung erhitzte Ladeluft zu kühlen, bevor sie dem wenigstens einen Brennraum zugeführt wird, stellt ein Druckverlust-Element dar, über welchem der Ladeluftdruck abfällt. Der erste, stromabwärts des Ladeluftkühlers bestimmte Ladeluftdruck ist daher niedriger als der zweite, stromaufwärts des Ladeluftkühlers und vorzugsweise an dem Verdichteraustritt

20 herrschende Ladeluftdruck. Typischerweise weist eine Brennkraftmaschine einen Drucksensor zu Erfassung des ersten Ladeluftdrucks stromabwärts des Ladeluftkühlers auf, wobei kein eigener Drucksensor zur Erfassung des zweiten Ladeluftdrucks stromaufwärts des Ladeluftkühlers vorgesehen ist. In vorteilhafter Weise können für das Verfahren ohnehin an der Brennkraftmaschine vorgesehene Sensoren verwendet werden, wenn der zweite Ladeluftdruck

25 nicht gemessen, sondern aus dem ersten Ladeluftdruck und der Druckdifferenz über dem Ladeluftkühler bestimmt wird. Es wird dann insbesondere der zweite Ladeluftdruck letztlich zum Ermitteln der Maximalleistung für die Brennkraftmaschine herangezogen. Dies ist vorteilhaft, weil sowohl die Ladelufttemperatur am Verdichteraustritt als auch die Drehzahl des Verdichters und somit letztlich auch die Maximalleistung insbesondere von einem sich über dem

30 Verdichter einstellenden Druckverhältnis abhängt. Sind der erste Ladeluftdruck und die Druckdifferenz über dem Ladeluftkühler bekannt, ist es ohne weiteres möglich, den zweiten Ladeluftdruck zu berechnen. Der zweite Ladeluftdruck kann also auf besonders einfache und komfortable Weise bestimmt werden. Der Sensor zur Erfassung des ersten Ladeluftdrucks muss nur geringe Anforderungen in Hinblick auf seine Temperaturfestigkeit erfüllen, da die Ladeluft

stromabwärts des Ladeluftkühlers eine vergleichsweise niedrige Temperatur aufweist. Dies ist kostengünstig und insbesondere im Vergleich mit einem Temperatursensor vorteilhaft, der unmittelbar zum Bestimmen des zweiten Ladeluftdrucks stromaufwärts des Ladeluftkühlers angeordnet wäre.

5

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Ansauglufttemperatur in Abhängigkeit von einer Umgebungslufttemperatur bestimmt wird, wobei die Umgebungslufttemperatur in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrscht. Die Umgebungslufttemperatur kann besonders einfach und kostengünstig außen an der Brennkraftmaschine bestimmt werden. Die Ansauglufttemperatur, insbesondere am Verdichtereingang, wird durch die Umgebungslufttemperatur angenähert. Dies ist insbesondere deshalb möglich, da die Abweichung der Umgebungslufttemperatur von der Ansauglufttemperatur am Verdichtereingang üblicherweise sehr gering und vernachlässigbar ist.

10

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass der Ansaugluftdruck in Abhängigkeit von einem Umgebungsluftdruck bestimmt wird, der in der Umgebung der Brennkraftmaschine herrscht. Der Umgebungsluftdruck kann besonders einfach und kostengünstig außen an der Brennkraftmaschine bestimmt werden. Der Ansaugluftdruck am Eingang des Verdichters, also am Verdichtereingang, wird durch den Umgebungsluftdruck angenähert. Dies ist insbesondere deshalb möglich, da eine Abweichung des Umgebungsluftdrucks von dem Ansaugluftdruck am Verdichtereingang üblicherweise gering und gegebenenfalls sogar vernachlässigbar ist. Im Wesentlichen ergibt sich die Abweichung aus einer Druckdifferenz über einem Luftfilter, der üblicherweise vor dem Verdichtereingang, also stromaufwärts des Verdichtereingangs, eingesetzt wird. Somit ist es bevorzugt auch möglich, den Ansaugluftdruck aus dem Umgebungsluftdruck und der Druckdifferenz über dem Luftfilter zu berechnen, wobei die Druckdifferenz über dem Luftfilter besonders bevorzugt in einfacher und kostengünstiger Weise – insbesondere betriebspunktabhängig – abgeschätzt oder aus einem Kennfeld ausgelesen werden kann. Der Umgebungsluftdruck wird insbesondere durch die geodätische Höhe bestimmt, auf der die Brennkraftmaschine betrieben wird.

20

25

30

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Maximalleistung für die Brennkraftmaschine durch Berechnen einer ersten Ladelufttemperatur der Ladeluft stromabwärts des Verdichters ermittelt wird. Dabei wird die erste Ladelufttemperatur stromabwärts des Verdichters mittels der bestimmten Ansauglufttemperatur, dem bestimmten Ansaugluftdruck und

dem bestimmten ersten und/oder zweiten Ladeluftdruck berechnet. Auf diese Weise kann die Ladelufttemperatur der Ladeluft stromabwärts des Verdichters, insbesondere am Verdichterausgang, besonders einfach und exakt bestimmt werden. Insbesondere ist die erste Ladelufttemperatur bevorzugt eine Temperatur der Ladeluft, welche diese stromaufwärts des Ladeluftkühlers, insbesondere am Verdichterausgang, aufweist. Indem diese erste Ladelufttemperatur anhand der bestimmten Ansauglufttemperatur, dem bestimmten Ansaugluftdruck und dem bestimmten ersten und/oder zweiten Ladeluftdruck berechnet wird, wird eine Art virtueller Sensor eingerichtet, sodass auf einen physikalischen Sensor zur Erfassung der ersten Ladelufttemperatur verzichtet werden kann. Eine Erfassung der ersten Ladelufttemperatur ist auf diese Weise kostengünstig, einfach und wenig fehleranfällig möglich, ohne dass hierfür ein teurer, fehleranfälliger Temperatursensor vorgesehen werden muss. Dabei werden die Parameter Ansauglufttemperatur, Ansaugluftdruck und Ladeluftdruck, insbesondere erster und/oder zweiter Ladeluftdruck, auf der Grundlage physikalischer Zusammenhänge miteinander verknüpft, um die erste Ladelufttemperatur zu bestimmen.

Die erste Ladelufttemperatur wird bevorzugt aus einem Verhältnis zwischen dem zweiten Ladeluftdruck und dem Ansaugluftdruck bestimmt. Vorzugsweise geht/gehen in die Bestimmung der ersten Ladelufttemperatur auch ein Wirkungsgrad des Verdichters, im Folgenden auch kurz Verdichterwirkungsgrad genannt, und/oder die Ansauglufttemperatur ein. Besonders bevorzugt gehen in die Bestimmung alle genannten Parameter, also der zweite Ladeluftdruck, der Ansaugluftdruck, der Verdichterwirkungsgrad und die Ansauglufttemperatur ein.

Der Verdichterwirkungsgrad  $\eta_V$  ist dabei bevorzugt gegeben durch die folgende Gleichung:

$$\eta_V = \frac{c_p(T_{2,i} - T_1)}{c_p(T_2 - T_1)} \quad (1)$$

Dabei ist  $C_p$  die spezifische Wärmekapazität der Ladeluft bei konstantem Druck,  $T_{2,i}$  ist eine theoretische, bei isentroper Verdichtung erreichte, erste Ladelufttemperatur,  $T_1$  ist die Ansauglufttemperatur, und  $T_2$  ist die erste Ladelufttemperatur. Diese kann durch Umformen von Gleichung (1) berechnet werden. Die theoretische erste Ladelufttemperatur bei isentroper Verdichtung  $T_{2,i}$  ist gegeben durch folgende Gleichung:

$$T_{2,i} = T_1 \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} \quad (2)$$

wobei  $p_1$  der Ansaugluftdruck,  $p_2$  der zweite Ladeluftdruck und  $\kappa$  der Isentropenexponent, der auch als Adiabatenexponent bezeichnet wird, für Luft ist, der bevorzugt mit dem Wert 1,4 angesetzt wird.

Alternativ oder zusätzlich ist bevorzugt vorgesehen, dass die Maximalleistung für die Brennkraftmaschine durch Berechnen einer Drehzahl des Verdichters ermittelt wird, wobei die Drehzahl des Verdichters mittels der bestimmten Ansauglufttemperatur, dem bestimmten Ansaugluftdruck und dem bestimmten ersten und/oder zweiten Ladeluftdruck berechnet wird. Auf diese Weise kann die Drehzahl des Verdichters besonders einfach und exakt bestimmt werden. Indem die Drehzahl anhand der bestimmten Ansauglufttemperatur, dem bestimmten Ansaugluftdruck und dem bestimmten ersten und/oder zweiten Ladeluftdruck berechnet wird, wird eine Art virtueller Sensor eingerichtet, sodass auf einen physikalischen Drehzahlsensor verzichtet werden kann. Eine Erfassung der Drehzahl ist auf diese Weise kostengünstig, einfach und wenig fehleranfällig möglich, ohne dass hierfür ein teurer, fehleranfälliger Drehzahlsensor vorgesehen werden muss. Dabei werden die Parameter Ansauglufttemperatur, Ansaugluftdruck und Ladeluftdruck, insbesondere erster und/oder zweiter Ladeluftdruck, auf der Grundlage physikalischer Zusammenhänge miteinander verknüpft, um die Drehzahl zu bestimmen.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird aus dem bestimmten Ansaugluftdruck und dem bestimmten ersten und/oder zweiten Ladeluftdruck eine reduzierte Drehzahl für den Verdichter bestimmt, welche vorzugsweise aus einem Kennfeld, welches über dem Ansaugluftdruck und dem bestimmten ersten und/oder zweiten Ladeluftdruck, oder über einem Verhältnis zwischen dem Ansaugluftdruck und dem bestimmten ersten und/oder zweiten Ladeluftdruck aufgespannt ist, ausgelesen. Dabei ist unter einer reduzierten Drehzahl eine nicht-temperaturabhängige Größe zu verstehen. Die reduzierte Drehzahl wird bevorzugt durch Multiplikation mit einem Faktor, der von der Ansauglufttemperatur abhängt, in die physikalische Drehzahl des Verdichters umgerechnet. Der Faktor ist dabei bevorzugt gegeben durch die Wurzel aus dem Quotienten der Ansauglufttemperatur und einer reduzierten Temperatur. Unter einer reduzierten Temperatur ist dabei eine Konstante im Sinne einer Bezugstemperatur zu verstehen, auf welche die reduzierte Drehzahl des Verdichters bezogen ist. Als reduzierte Temperatur wird bevorzugt 25 °C oder 298 K verwendet.

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Ansauglufttemperatur, der Ansaugluftdruck und der erste und/oder der zweite Ladeluftdruck mittels Messsignalen bestimmt werden, die von wenigstens einem Sensor erzeugt werden. Auf diese Weise können diese Größen, und damit letztlich auch die Maximalleistung für die Brennkraftmaschine, besonders genau bestimmt werden. Insbesondere weist eine Brennkraftmaschine üblicherweise ohnehin Sensoren auf, die eingerichtet und angeordnet sind, um die Ansauglufttemperatur, den Ansaugluftdruck sowie insbesondere den ersten Ladeluftdruck zu bestimmen, sodass eine ohnehin vorhandene Sensorik im Rahmen des Verfahrens eingesetzt werden kann, ohne dass zusätzliche Kosten oder ein zusätzlicher Aufwand zum Verbauen von Sensorik entsteht. Andere Größen, beispielsweise die erste Ladelufttemperatur und/oder der zweite Ladeluftdruck, können dagegen im Rahmen des Verfahrens anhand von physikalischen Zusammenhängen aus den gemessenen Größen bestimmt werden, wodurch mithin insbesondere virtuelle Sensoren für diese Größen eingerichtet werden. Somit kann ein Motorschutz mit geringem Kostenaufwand realisiert werden, da die teils vorhandene Seriensensorik in kostengünstiger Weise unter Verzicht auf zusätzliche Sensorik verwendet wird. Zugleich ist das Verfahren sehr robust und wenig fehleranfällig.

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens beschrieben, die sich dadurch auszeichnet, dass zum Ermitteln der Maximalleistung für die Brennkraftmaschine ausschließlich die Ansauglufttemperatur, der Ansaugluftdruck und der erste Ladeluftdruck mittels Messsignalen bestimmt werden, die von Sensoren erzeugt werden. Dadurch können diese Größen, und damit auch die Maximalleistung, besonders genau ermittelt werden. Des Weiteren ist die Anzahl von Sensoren zum Ermitteln der Maximalleistung auf die notwendige Anzahl begrenzt. Das ist kostengünstig und wenig anfällig für Fehler. Dabei ist die Anzahl und die Art der Sensoren insbesondere auf bei Brennkraftmaschinen typischerweise ohnehin vorgesehenen Sensoren begrenzt, wobei alle anderen im Rahmen des Verfahrens benötigten Größen bevorzugt mittels virtueller Sensoren, insbesondere also auf der Grundlage physikalischer Zusammenhänge und/oder aus hierfür eingerichteten Kennfeldern, bestimmt werden.

30

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Druckdifferenz, die über dem Ladeluftkühler abfällt, aus einem Ladeluftstrom durch den Ladeluftkühler bestimmt wird. Dabei kann die Druckdifferenz in besonders einfacher und zugleich sehr genauer Weise aus dem Ladeluftstrom bestimmt werden.

Unter einem Ladeluftstrom wird insbesondere ein Massenstrom und/oder ein Volumenstrom der Ladeluft verstanden, welcher den Ladeluftkühler durchsetzt.

- 5 Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Ladeluftstrom aus dem ersten Ladeluftdruck, einer zweiten Ladelufttemperatur, welche die Ladeluft stromabwärts des Ladeluftkühlers und insbesondere unmittelbar stromaufwärts des wenigstens einen Brennraums, besonders bevorzugt am Ort der Bestimmung des ersten Ladeluftdrucks, aufweist, und einem Luftaufwand bestimmt wird. Dabei werden der erste Ladeluftdruck und die zweite
- 10 Ladelufttemperatur bevorzugt mittels geeigneter Sensoren gemessen. Der Luftaufwand wird vorzugsweise bestimmt, besonders bevorzugt in Abhängigkeit von einer momentanen Leistung, insbesondere einer momentanen effektiven Leistung der Brennkraftmaschine.

- Unter einem „Luftaufwand“ wird hier insbesondere ein Verhältnis zwischen einer einem
- 15 Brennraum der Brennkraftmaschine unter idealen Bedingungen ohne Druckverlust zuführbaren Luftmasse oder einem solchen Luftmassenstrom und einer dem Brennraum tatsächlich zugeführten Luftmasse oder einem solchen Luftmassenstrom, oder ein Kehrwert dieses Verhältnisses, verstanden.

- 20 Die momentane Leistung der Brennkraftmaschine wird vorzugsweise aus einem internen Moment der Brennkraftmaschine, insbesondere anhand einer Bestromungsdauer eines Injektors und hiervon abgeleitet aus der in den Brennraum eingebrachten Brennstoffmenge sowie aus einem momentanen Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine und einer momentanen Drehzahl derselben bestimmt.

- 25 Der Luftmaßenstrom über den Ladeluftkühler wird vorzugsweise gemäß folgender Gleichung berechnet:

$$\dot{m}_L = \frac{p_5}{RT_5} * i * n * V_h * \lambda_A . \quad (3)$$

30

Dabei ist  $p_5$  der erste Ladeluftdruck,  $T_5$  ist die zweite Ladelufttemperatur,  $n$  ist die Drehzahl der Brennkraftmaschine,  $V_h$  ist das Hubvolumen in einem Brennraum 5 der als Hubkolbenmotor ausgebildeten Brennkraftmaschine,  $\lambda_A$  ist der Luftaufwand, mithin der Quotient aus dem

tatsächlichen Luftmassenstrom und dem idealen Luftmassenstrom, und  $i$  ist ein Faktor, der für eine als Viertaktmotor ausgebildete Hubkolbenmaschine 0,5 beträgt, wobei er für eine als Zweitaktmotor ausgebildete Hubkolbenmaschine 1 beträgt. Die Gleichung gibt zugleich eine Definition des Luftaufwands  $\lambda_A$  an, indem links von dem Gleichheitszeichen der tatsächliche  
5 Luftmassenstrom gegeben ist, wobei die Faktoren vor dem Luftaufwand  $\lambda_A$  gemeinsam den idealen Luftmassenstrom bilden.

Besonders bevorzugt wird die Druckdifferenz, die über dem Ladeluftkühler abfällt, anhand eines Kennfelds aus dem Ladeluftstrom bestimmt. Als Ladeluftstrom kann dabei ein  
10 realer Massenstrom der Ladeluft herangezogen, der berechnet oder aber auch mittels eines geeigneten Sensors gemessen werden kann.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die Druckdifferenz in Abhängigkeit von einem idealen Massenstrom der Ladeluft zu bestimmen, der berechnet werden kann. Dabei ist der ideale  
15 Massenstrom insbesondere gegeben durch den tatsächlichen, realen Massenstrom der Ladeluft dividiert durch den Luftaufwand, wobei der Luftaufwand wiederum das Verhältnis zwischen dem tatsächlichen Massenstrom der Ladeluft und dem idealen Massenstrom der Ladeluft ist.

Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, dass die Druckdifferenz in Abhängigkeit von  
20 einem Volumenstrom der Ladeluft bestimmt wird. Dieser kann entweder berechnet oder mittels eines geeigneten Sensors gemessen werden.

Jedenfalls zeigt sich, dass die Druckdifferenz insbesondere von dem Massenstrom und/oder dem Volumenstrom der Ladeluft abhängt.

25 Es ist auch möglich, die Druckdifferenz auf Basis physikalischer Zusammenhänge, insbesondere anhand eines Druckverlustkoeffizienten des Ladeluftkühlers sowie einer Dichte der Ladeluft in dem Ladeluftkühler und einer Strömungsgeschwindigkeit der Ladeluft durch den Ladeluftkühler zu bestimmen. Die Strömungsgeschwindigkeit kann dabei wiederum aus dem Massenstrom der  
30 Ladeluft, der Dichte der Ladeluft sowie einer durchströmten Querschnittsfläche des Ladeluftkühlers bestimmt werden.

Die Aufgabe wird auch gelöst, indem eine Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine geschaffen wird, die eingerichtet ist, um eine Ansauglufttemperatur von einem Verdichter

zugeführter Ansaugluft zu bestimmen. Die Steuereinrichtung ist weiter eingerichtet, um einen Ansaugluftdruck der Ansaugluft zu bestimmen, und um einen ersten Ladeluftdruck von Ladeluft stromabwärts des Verdichters zu bestimmen. Die Steuereinrichtung ist weiterhin eingerichtet, um eine Maximalleistung für die Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von der bestimmten

5 Ansauglufttemperatur, dem bestimmten Ansaugluftdruck und dem bestimmten ersten Ladeluftdruck zu ermitteln, und um die Brennkraftmaschine so anzusteuern, dass diese maximal die ermittelte Maximalleistung erzeugt. In Zusammenhang mit der Steuereinrichtung ergeben sich insbesondere die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert wurden.

10

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Steuereinrichtung als zentrales Steuergerät einer Brennkraftmaschine (engine control unit – ECU) ausgebildet, oder die Funktionalität der Steuereinrichtung ist in das zentrale Steuergerät der Brennkraftmaschine implementiert. Alternativ ist es aber auch möglich, dass eine separate Steuereinrichtung zur

15 Durchführung des Verfahrens vorgesehen ist.

Die Steuereinrichtung ist bevorzugt eingerichtet zur Durchführung einer Ausführungsform des zuvor beschriebenen Verfahrens. Dabei ist es möglich, dass das Verfahren fest in eine elektronische Struktur, insbesondere eine Hardware, der Steuereinrichtung implementiert ist.

20 Alternativ ist es möglich, dass in die Steuereinrichtung ein Computerprogrammprodukt geladen ist, welches maschinenlesbare Anweisungen aufweist, aufgrund derer eine der zuvor beschriebenen Ausführungsformen des Verfahrens durchgeführt wird, wenn das Computerprogrammprodukt auf der Steuereinrichtung läuft.

25 Insofern wird auch ein Computerprogrammprodukt bevorzugt, welches maschinenlesbare Anweisungen aufweist, aufgrund derer eine Ausführungsform des zuvor beschriebenen Verfahrens durchführbar ist, wenn das Computerprogrammprodukt auf einer Recheneinrichtung, insbesondere auf einer Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine, läuft.

30 Zur Erfindung gehört auch ein Datenträger, welcher ein solches Computerprogrammprodukt aufweist.

Die Aufgabe wird schließlich auch gelöst, indem eine Brennkraftmaschine geschaffen wird, welche einen Verdichter und eine Steuereinrichtung nach einem der zuvor beschriebenen

Ausführungsbeispiele aufweist. In Zusammenhang mit der Brennkraftmaschine ergeben sich die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren und der Steuereinrichtung erläutert wurden. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Brennkraftmaschine ist der Verdichter als Teil eines Kompressors ausgebildet. Bei einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel ist  
5 der Verdichter bevorzugt als Teil eines Abgasturboladers ausgebildet. Die Brennkraftmaschine weist bevorzugt einen Kompressor und/oder einen Abgasturbolader auf, wobei der Kompressor und/oder der Abgasturbolader ihrerseits den Verdichter aufweisen.

Die Brennkraftmaschine weist bevorzugt einen Ansauglufttemperatursensor, einen  
10 Ansaugluftdrucksensor, einen Ladeluftdrucksensor und vorzugsweise einen Ladelufttemperatursensor, insbesondere zur Erfassung einer zweiten Ladelufttemperatur stromabwärts des Ladeluftkühlers, auf. Die Steuereinrichtung ist vorzugsweise mit den Sensoren wirkverbunden.

15 Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Hubkolbenmotor ausgebildet. Es ist möglich, dass die Brennkraftmaschine zum Antrieb eines Personenkraftwagens, eines Lastkraftwagens oder eines Nutzfahrzeugs eingerichtet ist. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dient die Brennkraftmaschine dem Antrieb insbesondere schwerer Land- oder Wasserfahrzeuge, beispielsweise von Minenfahrzeugen, Zügen, wobei die Brennkraftmaschine in einer  
20 Lokomotive oder einem Triebwagen eingesetzt wird, oder von Schiffen. Auch ein Einsatz der Brennkraftmaschine zum Antrieb eines der Verteidigung dienenden Fahrzeugs, beispielsweise eines Panzers, ist möglich. Ein Ausführungsbeispiel der Brennkraftmaschine wird vorzugsweise auch stationär, beispielsweise zur stationären Energieversorgung im Notstrombetrieb, Dauerlastbetrieb oder Spitzenlastbetrieb eingesetzt, wobei die Brennkraftmaschine in diesem  
25 Fall vorzugsweise einen Generator antreibt. Auch eine stationäre Anwendung der Brennkraftmaschine zum Antrieb von Hilfsaggregaten, beispielsweise von Feuerlöschpumpen auf Bohrinseln, ist möglich. Weiterhin ist eine Anwendung der Brennkraftmaschine im Bereich der Förderung fossiler Roh- und insbesondere Brennstoffe, beispielsweise Öl und/oder Gas, möglich. Auch eine Verwendung der Brennkraftmaschine im industriellen Bereich oder im  
30 Konstruktionsbereich, beispielsweise in einer Konstruktions- oder Baumaschine, zum Beispiel in einem Kran oder einem Bagger, ist möglich. Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Dieselmotor, als Benzinmotor, als Gasmotor zum Betrieb mit Erdgas, Biogas, Sondergas oder einem anderen geeigneten Gas, ausgebildet. Insbesondere wenn die Brennkraftmaschine als

Gasmotor ausgebildet ist, ist sie für den Einsatz in einem Blockheizkraftwerk zur stationären Energieerzeugung geeignet.

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

20

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Brennkraftmaschine;

25

Figur 2 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform des Verfahrens, und

Figur 3 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens.

30

**Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Brennkraftmaschine 1. Diese weist insbesondere einen Motorblock 3 mit wenigstens einem Brennraum 5, hier beispielhaft mit vier Brennräumen 5, auf. Außerdem weist die Brennkraftmaschine 1 einen Luftpfad 7 auf, über den den Brennräumen 5 Verbrennungsluft oder ein Verbrennungsluft-Brennstoff-Gemisch, vorzugsweise reine Verbrennungsluft, zuführbar ist. Dabei ist in dem Luftpfad 7 ein Verdichter 9 angeordnet, der hier Teil eines Abgasturboladers 11 ist. Alternativ ist es aber auch möglich, dass der Verdichter 9 Teil eines Kompressors ist.

Stromabwärts des Verdichters 9 ist in dem Luftpfad 7 ein Ladeluftkühler 13 angeordnet.

5 Die Brennkraftmaschine 1 weist außerdem einen Abgaspfad 15 auf, über den Abgas aus den Brennräumen 5 abführbar ist. In dem Abgaspfad 15 ist hier eine Turbine 17 angeordnet, welche ebenfalls Teil des Abgasturboladers 11 ist. Die Turbine 17 ist mit dem Verdichter 9 antriebswirkverbunden, vorzugsweise über eine Welle 19 oder über eine andere geeignete Wirkverbindung.

10 Die Brennkraftmaschine 1 weist außerdem eine Steuereinrichtung 21 auf, die vorzugsweise als zentrales Steuergerät der Brennkraftmaschine 1 ausgebildet ist.

Entlang des Luftpfads 7 sind ein erster Drucksensor 23 und ein zweiter Drucksensor 25 angeordnet, sowie ein erster Temperatursensor 27 und ein zweiter Temperatursensor 29. Der  
15 erste Drucksensor 23 und der erste Temperatursensor 27 sind hier stromaufwärts des Verdichters 9 angeordnet, und der zweite Drucksensor 25 und der zweite Temperatursensor 29 sind stromabwärts des Ladeluftkühlers 13 angeordnet. Somit ist mittels des ersten Drucksensors 23 insbesondere ein Ansaugluftdruck bestimmbar, wobei mittels des zweiten Drucksensors 25 insbesondere ein erster Ladeluftdruck der gekühlten Ladeluft stromabwärts des Ladeluftkühlers  
20 13 und somit zugleich der Druck bestimmbar ist, mit dem die Ladeluft den Brennräumen 5 zugeführt wird.

Mittels des ersten Temperatursensors 27 ist eine Ansauglufttemperatur bestimmbar, wobei mittels des zweiten Temperatursensors 29 eine zweite Ladelufttemperatur stromabwärts des  
25 Ladeluftkühlers 13 und insbesondere am Ort des Luftpfads 7, an welchem auch der erste Ladeluftdruck herrscht, bestimmbar ist, mithin eine Temperatur, mit welcher die Ladeluft den Brennräumen 5 zugeführt wird.

Die Steuereinrichtung 21 ist mit den ersten und zweiten Drucksensoren 23, 25 sowie den ersten  
30 und zweiten Temperatursensoren 27, 29 wirkverbunden. Außerdem ist die Steuereinrichtung 21 bevorzugt mit dem Motorblock 3 wirkverbunden, nämlich zu dessen Ansteuerung sowie bevorzugt zur Bestimmung einer momentanen Leistung, insbesondere einer momentanen effektiven Leistung der Brennkraftmaschine 1.

Die Steuereinrichtung 21 ist insbesondere eingerichtet, um die Ansauglufttemperatur, den Ansaugluftdruck, und den ersten Ladeluftdruck zu bestimmen, wobei sie weiter eingerichtet ist, um eine Maximalleistung für die Brennkraftmaschine 1 in Abhängigkeit von der bestimmten Ansauglufttemperatur, dem bestimmten Ansaugluftdruck und dem bestimmten ersten Ladeluftdruck zu ermitteln, und um die Brennkraftmaschine so anzusteuern, dass diese maximal die ermittelte Maximalleistung erzeugt.

**Fig.2** zeigt eine schematische Darstellung einer ersten bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens. Dabei gehen als Eingangsgrößen in das Verfahren die Ansauglufttemperatur T1, der Ansaugluftdruck p1, die zweite Ladelufttemperatur T5, welche mittels des zweiten Temperatursensors 29 gemessen wird, die momentane Leistung  $P_m$  der Brennkraftmaschine 1, sowie der erste Ladeluftdruck p5, der mittels des zweiten Drucksensors 25 gemessen wird, ein.

In Abhängigkeit von der momentanen Leistung  $P_m$  wird aus einem ersten Kennfeld 31 ein Luftaufwand 33 bestimmt. Die zweite Ladelufttemperatur T5, der Luftaufwand 33 und der erste Ladeluftdruck p5 werden gemeinsam einem ersten Berechnungsglied 35 zugeführt, aus welchem – bevorzugt unter Heranziehung der Zustandsgleichung für ideale Gase – ein Ladeluftstrom 37, insbesondere ein Massenstrom der Ladeluft, aus den genannten Eingangsgrößen des ersten Berechnungsglieds 35 bestimmt wird. Anhand dieses Ladeluftstroms 37 wird aus einem zweiten Kennfeld 39 ein Druckverlust 40 über dem Ladeluftkühler 13 bestimmt. Dieser wird optional in einem Umrechnungsglied 41 umgerechnet, und einer Additionsstelle 43 zugeführt, wo er mit dem ersten Ladeluftdruck p5 verrechnet wird, wobei als Ergebnis der Additionsstelle 43 der zweite Ladeluftdruck 45 resultiert, welcher stromaufwärts des Ladeluftkühlers 13 und insbesondere am Verdichterausgang des Verdichters 9 herrscht.

In einem Divisionsglied 47 wird ein Verhältnis des zweiten Ladeluftdrucks 45 zu dem Ansaugluftdruck p1 bestimmt, mithin ein über dem Verdichter 9 herrschendes Druckverhältnis 49.

Dieses Druckverhältnis 49 geht wiederum in ein drittes Kennfeld 51 ein, aus welchem abhängig von dem Druckverhältnis 49 ein Verdichterwirkungsgrad 53 ausgelesen wird.

Die Ansauglufttemperatur  $T_1$ , das Druckverhältnis 49 und der Verdichterwirkungsgrad 53 gehen in ein zweites Berechnungsglied 55 ein, wobei in dem zweiten Berechnungsglied 55 aus diesen Eingangsgrößen schließlich die erste Ladelufttemperatur  $T_2$  berechnet wird.

- 5 Aus der derart berechneten ersten Ladelufttemperatur  $T_2$  wird in einem hierfür eingerichteten Bestimmungsglied 57 eine Maximalleistung 59 für die Brennkraftmaschine 1 bestimmt, wobei die Brennkraftmaschine 1 dann abhängig von der Maximalleistung 59 so angesteuert wird, dass sie maximal die ermittelte Maximalleistung 59 erzeugt.
- 10 Letztlich stellt so die erste Ladelufttemperatur  $T_2$  vorzugsweise eine im Rahmen des Verfahrens einzuregelnde Größe dar, welche durch geeignete Ansteuerung der Brennkraftmaschine 1 von der Steuereinrichtung 21 und insbesondere durch Begrenzung der von der Brennkraftmaschine 1 erzeugten Leistung auf die Maximalleistung 59 eingestellt oder zumindest höchstens erreicht oder unterschritten wird.

15

**Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens. Gleiche und funktionsgleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird.

- 20 Das Druckverhältnis 49, welches analog zu der Darstellung gemäß Figur 2 berechnet wird, geht hier in ein viertes Kennfeld 61 ein, aus welchem abhängig von dem Druckverhältnis 49 eine reduzierte Drehzahl 62 ausgelesen wird, die ihrerseits in ein drittes Berechnungsglied 63 eingeht. In das dritte Berechnungsglied 63 geht auch die Ansauglufttemperatur  $T_1$  ein. Das dritte Berechnungsglied 63 berechnet aus der reduzierten Drehzahl 62 und der Ansauglufttemperatur
- 25  $T_1$  die physikalische Drehzahl 65, mithin die tatsächliche Drehzahl des Verdichters 9, insbesondere durch Multiplikation der reduzierten Drehzahl mit der Wurzel aus dem Quotienten aus der Ansauglufttemperatur  $T_1$  und einer reduzierten Temperatur, die als Konstante zur Bestimmung der in dem vierten Kennfeld 61 hinterlegten reduzierten Drehzahlen gewählt ist. Diese reduzierte Temperatur beträgt bevorzugt 25 °C.

30

Die physikalische Drehzahl 65 wird einem zweiten Bestimmungsglied 67 zugeführt, welches anhand der Drehzahl 65 die Maximalleistung 59 für die Brennkraftmaschine 1 bestimmt, wobei die Brennkraftmaschine 1 dann abhängig von der Maximalleistung 59 so angesteuert wird, dass sie maximal die ermittelte Maximalleistung 59 erzeugt.

Letztlich stellt so die Drehzahl 65 vorzugsweise eine im Rahmen des Verfahrens einzuregelnde Größe dar, welche durch geeignete Ansteuerung der Brennkraftmaschine 1 von der Steuereinrichtung 21 und insbesondere durch Begrenzung der von der Brennkraftmaschine 1 erzeugten Leistung auf die Maximalleistung 59 eingestellt oder zumindest höchstens erreicht oder unterschritten wird.

Die hier dargestellten ersten und zweiten Ausführungsformen des Verfahrens können bei verschiedenen Ausführungsbeispielen einer Brennkraftmaschine 1 unabhängig voneinander und/oder gegebenenfalls nur einzeln verwirklicht sein.

Es ist aber auch möglich, dass die beiden Ausführungsformen des Verfahrens gemäß den Figuren 2 und 3 in Kombination miteinander bei einer Brennkraftmaschine 1 durchgeführt werden, wobei dann bevorzugt sowohl die erste Ladelufttemperatur T2 als auch die Drehzahl 65 in ein gemeinsames Bestimmungsglied eingehen, welches anhand dieser beiden Größen die Maximalleistung 59 für die Brennkraftmaschine bestimmt. Dabei kann das gemeinsame Bestimmungsglied grundsätzlich beide Größen, also die erste Ladelufttemperatur T2 und die Drehzahl 65 zur Bestimmung der Maximalleistung 59 heranziehen. Es ist möglich, dass betriebspunktabhängig nur eine der beiden Eingangsgrößen, also die erste Ladelufttemperatur T2 oder die Drehzahl 65, zur Bestimmung der Maximalleistung 59 herangezogen wird, wobei hier insbesondere abhängig von einem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine oder von konkret vorliegenden Betriebs- und/oder Umweltbedingungen zwischen den herangezogenen Größen gewechselt werden kann. Insbesondere ist es möglich, dass abhängig von den konkret vorliegenden Betriebs- und/oder Umweltbedingungen beide Größen oder nur eine Größe – wobei hier gewechselt werden kann – herangezogen wird/werden.

Insgesamt zeigt sich, dass mithilfe des Verfahrens, der Steuereinrichtung und der Brennkraftmaschine ein effizienter Motorschutz mit geringem Kostenaufwand möglich ist, wobei insbesondere vorhandene Seriensensorik unter Verzicht auf teure Zusatzsensorik und unter Verwendung virtueller Sensoren, verwirklicht werden kann.

## ANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), die einen Verdichter (9) aufweist,  
5 wobei
- eine Ansauglufttemperatur ( $T_1$ ) von Ansaugluft bestimmt wird, welche dem Verdichter (9) zugeführt wird, wobei
  - ein Ansaugluftdruck ( $p_1$ ) der dem Verdichter (9) zugeführten Ansaugluft bestimmt wird, wobei
  - 10 - ein erster Ladeluftdruck ( $p_5$ ) einer Ladeluft stromabwärts des Verdichters (9) bestimmt wird, wobei
  - eine Maximalleistung für die Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit von der bestimmten Ansauglufttemperatur ( $T_1$ ), dem bestimmten Ansaugluftdruck ( $p_1$ ) und dem bestimmten, ersten Ladeluftdruck ( $p_5$ ) ermittelt wird, und wobei
  - 15 - die Brennkraftmaschine (1) so angesteuert wird, dass sie maximal die ermittelte Maximalleistung erzeugt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ladeluft mittels eines Ladeluftkühlers (13) gekühlt wird, wobei der erste Ladeluftdruck ( $p_5$ ) der gekühlten Ladeluft  
20 stromabwärts des Ladeluftkühlers (13) bestimmt wird, und wobei eine Druckdifferenz (40), die über dem Ladeluftkühler (13) abfällt, bestimmt wird, und wobei ein zweiter Ladeluftdruck ( $p_2$ ) zum Ermitteln der Maximalleistung für die Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit von dem bestimmten ersten Ladeluftdruck ( $p_5$ ) der gekühlten Ladeluft stromabwärts des Ladeluftkühlers (13) und der bestimmten Druckdifferenz (40) bestimmt wird.
- 25
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansauglufttemperatur ( $T_1$ ) in Abhängigkeit von einer Umgebungslufttemperatur bestimmt wird, die in einer Umgebung der Brennkraftmaschine (1) herrscht.
- 30
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ansaugluftdruck ( $p_1$ ) in Abhängigkeit von einem Umgebungsluftdruck bestimmt wird, der in der Umgebung der Brennkraftmaschine (1) herrscht.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maximalleistung für die Brennkraftmaschine (1) durch Berechnen einer ersten Ladelufttemperatur (T2) der Ladeluft stromabwärts des Verdichters (9) ermittelt wird, wobei die erste Ladelufttemperatur (T2) stromabwärts des Verdichters (9) mittels der bestimmten
- 5 Ansauglufttemperatur (T1), dem bestimmten Ansaugluftdruck (p1) und dem bestimmten ersten und/oder zweiten Ladeluftdruck (p5, p2) berechnet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maximalleistung für die Brennkraftmaschine (1) durch Berechnen einer Drehzahl (65) des
- 10 Verdichters (9) ermittelt wird, wobei die Drehzahl (65) des Verdichters (9) mittels der bestimmten Ansauglufttemperatur (T1), dem bestimmten Ansaugluftdruck (p1) und dem bestimmten ersten und/oder zweiten Ladeluftdruck (p5, p2) berechnet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die
- 15 Ansauglufttemperatur (T1), der Ansaugluftdruck (p1) und der erste und/oder der zweite Ladeluftdruck (p5, p2) mittels Messsignalen bestimmt werden, die von wenigstens einem Sensor erzeugt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Ermitteln der
- 20 Maximalleistung für die Brennkraftmaschine (1) ausschließlich die Ansauglufttemperatur (T1), der Ansaugluftdruck (p1) und der erste Ladeluftdruck (p5) mittels Messsignalen bestimmt werden, die von Sensoren erzeugt werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die
- 25 Druckdifferenz (40), die über dem Ladeluftkühler (13) abfällt, aus einem Ladeluftstrom (37) durch den Ladeluftkühler (13) bestimmt wird.
10. Steuereinrichtung (21) für eine Brennkraftmaschine (1), wobei die Steuereinrichtung (21) eingerichtet ist, um
- 30
- eine Ansauglufttemperatur (T1) von einem Verdichter (9) zugeführter Ansaugluft zu bestimmen, um
  - einen Ansaugluftdruck (p1) der Ansaugluft zu bestimmen, um
  - einen ersten Ladeluftdruck (p5) von Ladeluft stromabwärts des Verdichters (9) zu bestimmen, um

- eine Maximalleistung für die Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit von der bestimmten Ansauglufttemperatur ( $T_1$ ), dem bestimmten Ansaugluftdruck ( $p_1$ ) und dem bestimmten ersten Ladeluftdruck ( $p_5$ ) zu ermitteln, und um
  - die Brennkraftmaschine (1) so anzusteuern, dass diese maximal die ermittelte
- 5      Maximalleistung erzeugt.

11. Brennkraftmaschine (1), mit einem Verdichter (9) und einer Steuereinrichtung (21) nach Anspruch 10.

1/2

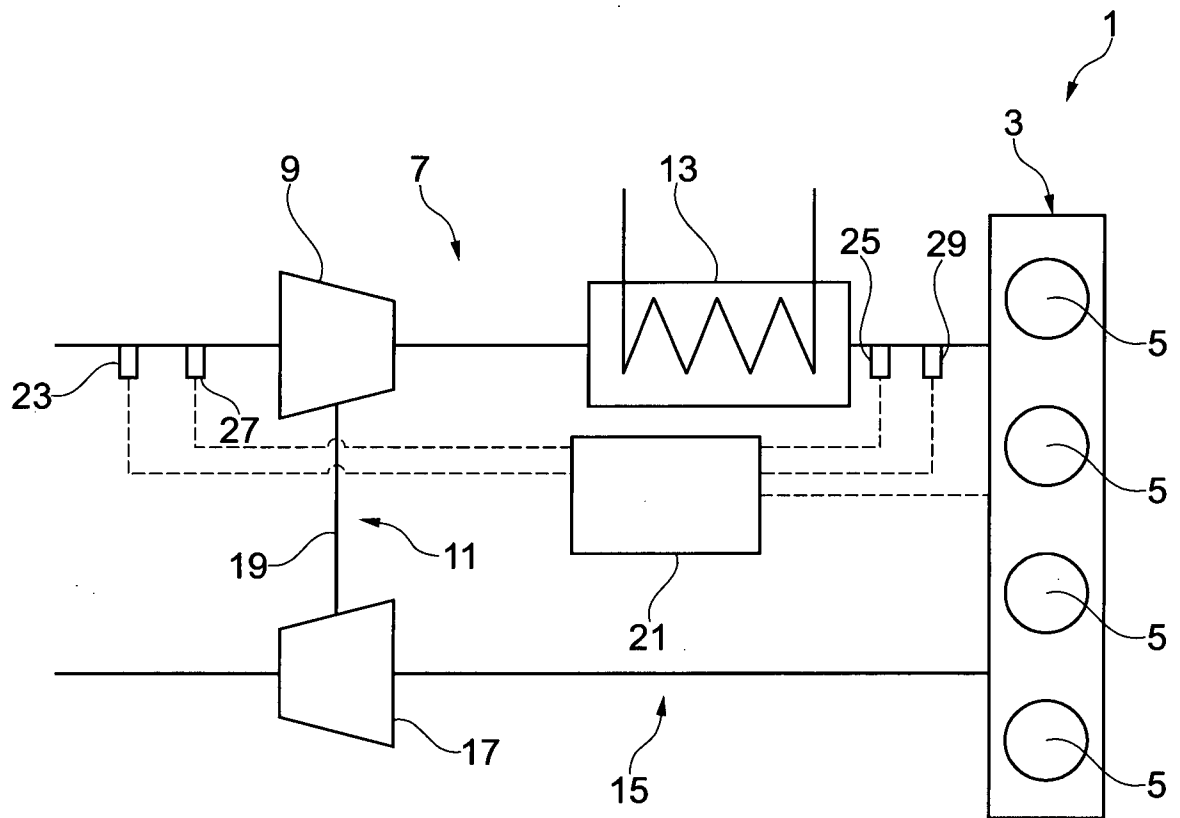


Fig. 1

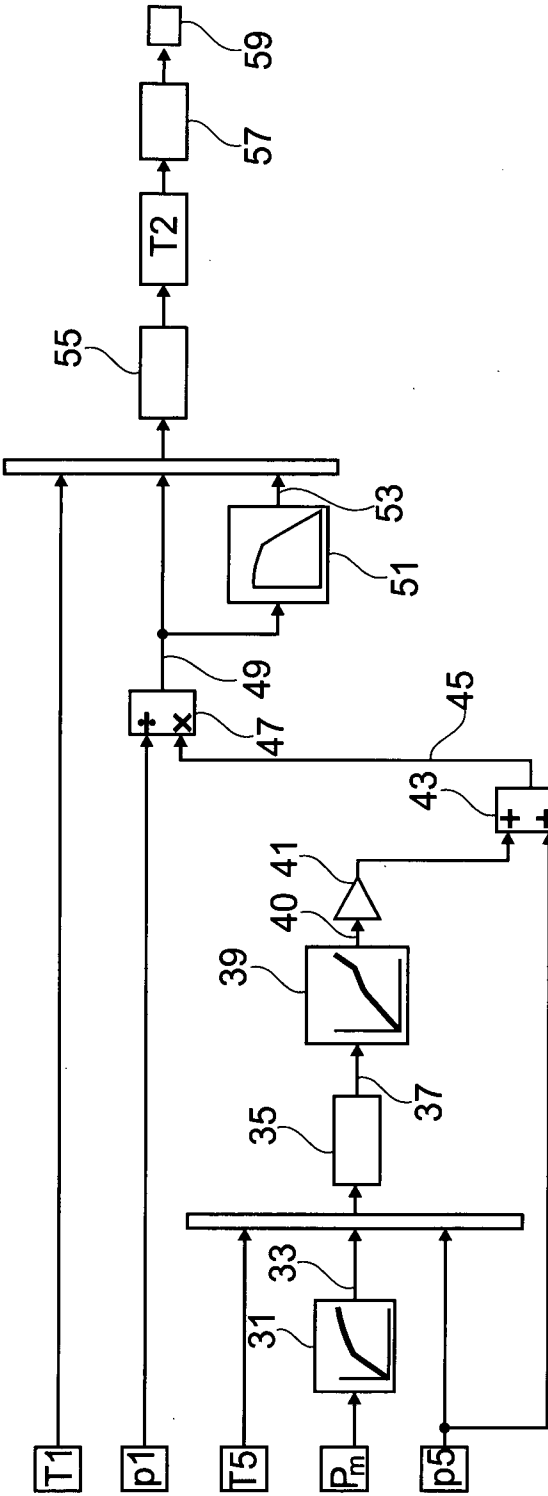


Fig. 2

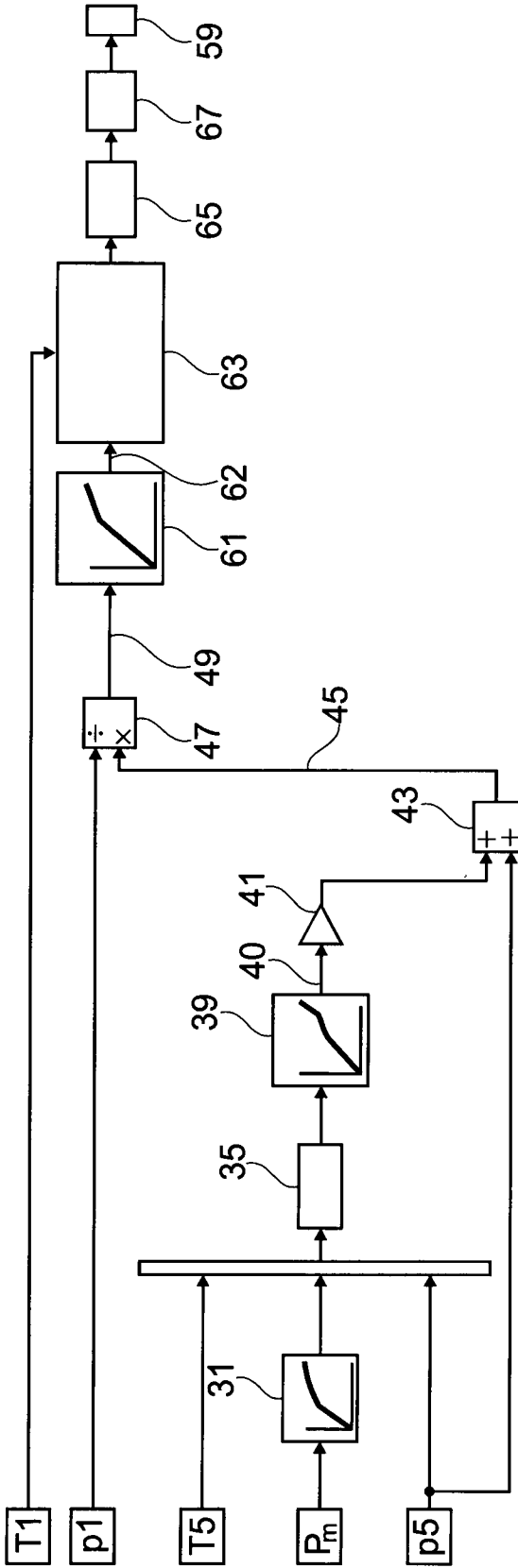


Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/000901

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. 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         | EP 2 444 629 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 25 April 2012 (2012-04-25)<br>paragraphs [0013] - [0019]<br>paragraphs [0024] - [0029]<br>paragraphs [0033] - [0038]<br>paragraphs [0059], [0068]<br>figures 1,2,6,<br>-----                                                         | 1-11                  |
| X         | EP 1 956 211 A2 (WAERTSILAE SCHWEIZ AG [CH]) 13 August 2008 (2008-08-13)<br>paragraphs [0002], [0007]<br>paragraphs [0013], [0016], [0019]<br>paragraphs [0022] - [0024]<br>paragraphs [0035] - [0039]<br>paragraphs [0046] - [0052]<br>paragraph [0062]<br>figure 1<br>-----<br>-/- | 1-11                  |



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

20 July 2016

Date of mailing of the international search report

29/07/2016

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

Wettemann, Mark

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/000901

| 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 100 54 843 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG<br>[DE]) 8 May 2002 (2002-05-08)<br>paragraph [0002]<br>paragraphs [0005] - [0008]<br>paragraphs [0014], [0016]<br>figures 1,2<br>-----              | 1-11                  |
| A                                                    | EP 0 685 638 A2 (DRESSER IND [US])<br>6 December 1995 (1995-12-06)<br>abstract<br>column 1, lines 7-28<br>column 2, lines 11-35<br>column 3, lines 11-14<br>column 4, lines 23-49<br>----- | 1-11                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/000901

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date       |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|
| EP 2444629                                | A1                  | 25-04-2012                 | CN 102575577 A 11-07-2012 |
|                                           |                     | EP 2444629 A1              | 25-04-2012                |
|                                           |                     | JP 5737898 B2              | 17-06-2015                |
|                                           |                     | JP 2011185263 A            | 22-09-2011                |
|                                           |                     | KR 20120023852 A           | 13-03-2012                |
|                                           |                     | US 2012179356 A1           | 12-07-2012                |
|                                           |                     | WO 2011099173 A1           | 18-08-2011                |
| EP 1956211                                | A2                  | 13-08-2008                 | BR PI0800106 A 23-09-2008 |
|                                           |                     | CN 101240742 A             | 13-08-2008                |
|                                           |                     | EP 1956211 A2              | 13-08-2008                |
|                                           |                     | JP 2008196482 A            | 28-08-2008                |
|                                           |                     | KR 20080074719 A           | 13-08-2008                |
| DE 10054843                               | A1                  | 08-05-2002                 | DE 10054843 A1 08-05-2002 |
|                                           |                     | FR 2816362 A1              | 10-05-2002                |
|                                           |                     | IT RM20010650 A1           | 02-05-2003                |
|                                           |                     | US 2002088226 A1           | 11-07-2002                |
| EP 0685638                                | A2                  | 06-12-1995                 | AT 223558 T 15-09-2002    |
|                                           |                     | CA 2148164 A1              | 03-11-1995                |
|                                           |                     | DE 69528013 D1             | 10-10-2002                |
|                                           |                     | DE 69528013 T2             | 07-08-2003                |
|                                           |                     | DK 0685638 T3              | 28-10-2002                |
|                                           |                     | EP 0685638 A2              | 06-12-1995                |
|                                           |                     | EP 1213455 A1              | 12-06-2002                |
|                                           |                     | ES 2182855 T3              | 16-03-2003                |
|                                           |                     | FI 952091 A                | 03-11-1995                |
|                                           |                     | FI 20040677 A              | 12-05-2004                |
|                                           |                     | JP 3787706 B2              | 21-06-2006                |
|                                           |                     | JP H07301120 A             | 14-11-1995                |
|                                           |                     | NO 951667 A                | 03-11-1995                |
|                                           |                     | NO 20033335 A              | 03-11-1995                |
|                                           |                     | US 5551236 A               | 03-09-1996                |
|                                           |                     | US 5605044 A               | 25-02-1997                |
|                                           |                     | US 5950432 A               | 14-09-1999                |
|                                           |                     | US 6134888 A               | 24-10-2000                |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. 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          | EP 2 444 629 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 25. April 2012 (2012-04-25)<br>Absätze [0013] - [0019]<br>Absätze [0024] - [0029]<br>Absätze [0033] - [0038]<br>Absätze [0059], [0068]<br>Abbildungen 1,2,6,<br>-----                                                  | 1-11               |
| X          | EP 1 956 211 A2 (WAERTSILAE SCHWEIZ AG [CH]) 13. August 2008 (2008-08-13)<br>Absätze [0002], [0007]<br>Absätze [0013], [0016], [0019]<br>Absätze [0022] - [0024]<br>Absätze [0035] - [0039]<br>Absätze [0046] - [0052]<br>Absatz [0062]<br>Abbildung 1<br>-----<br>-/- | 1-11               |

☒ 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

20. Juli 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/07/2016

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

Wettemann, Mark

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |                                                                                                                                                                                                        |                    |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Kategorie*                                            | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                     | Betr. Anspruch Nr. |
| X                                                     | DE 100 54 843 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG<br>[DE]) 8. Mai 2002 (2002-05-08)<br>Absatz [0002]<br>Absätze [0005] - [0008]<br>Absätze [0014], [0016]<br>Abbildungen 1,2<br>-----                              | 1-11               |
| A                                                     | EP 0 685 638 A2 (DRESSER IND [US])<br>6. Dezember 1995 (1995-12-06)<br>Zusammenfassung<br>Spalte 1, Zeilen 7-28<br>Spalte 2, Zeilen 11-35<br>Spalte 3, Zeilen 11-14<br>Spalte 4, Zeilen 23-49<br>----- | 1-11               |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/000901

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 2444629                                         | A1                            | 25-04-2012                        | CN 102575577 A 11-07-2012     |
|                                                    |                               | EP 2444629 A1                     | 25-04-2012                    |
|                                                    |                               | JP 5737898 B2                     | 17-06-2015                    |
|                                                    |                               | JP 2011185263 A                   | 22-09-2011                    |
|                                                    |                               | KR 20120023852 A                  | 13-03-2012                    |
|                                                    |                               | US 2012179356 A1                  | 12-07-2012                    |
|                                                    |                               | WO 2011099173 A1                  | 18-08-2011                    |
| EP 1956211                                         | A2                            | 13-08-2008                        | BR PI0800106 A 23-09-2008     |
|                                                    |                               | CN 101240742 A                    | 13-08-2008                    |
|                                                    |                               | EP 1956211 A2                     | 13-08-2008                    |
|                                                    |                               | JP 2008196482 A                   | 28-08-2008                    |
|                                                    |                               | KR 20080074719 A                  | 13-08-2008                    |
| DE 10054843                                        | A1                            | 08-05-2002                        | DE 10054843 A1 08-05-2002     |
|                                                    |                               | FR 2816362 A1                     | 10-05-2002                    |
|                                                    |                               | IT RM20010650 A1                  | 02-05-2003                    |
|                                                    |                               | US 2002088226 A1                  | 11-07-2002                    |
| EP 0685638                                         | A2                            | 06-12-1995                        | AT 223558 T 15-09-2002        |
|                                                    |                               | CA 2148164 A1                     | 03-11-1995                    |
|                                                    |                               | DE 69528013 D1                    | 10-10-2002                    |
|                                                    |                               | DE 69528013 T2                    | 07-08-2003                    |
|                                                    |                               | DK 0685638 T3                     | 28-10-2002                    |
|                                                    |                               | EP 0685638 A2                     | 06-12-1995                    |
|                                                    |                               | EP 1213455 A1                     | 12-06-2002                    |
|                                                    |                               | ES 2182855 T3                     | 16-03-2003                    |
|                                                    |                               | FI 952091 A                       | 03-11-1995                    |
|                                                    |                               | FI 20040677 A                     | 12-05-2004                    |
|                                                    |                               | JP 3787706 B2                     | 21-06-2006                    |
|                                                    |                               | JP H07301120 A                    | 14-11-1995                    |
|                                                    |                               | NO 951667 A                       | 03-11-1995                    |
|                                                    |                               | NO 20033335 A                     | 03-11-1995                    |
|                                                    |                               | US 5551236 A                      | 03-09-1996                    |
|                                                    |                               | US 5605044 A                      | 25-02-1997                    |
|                                                    |                               | US 5950432 A                      | 14-09-1999                    |
|                                                    |                               | US 6134888 A                      | 24-10-2000                    |