



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43)

Veröffentlichungstag:
27.11.2024 Patentblatt 2024/48
- (51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F02D 41/14^(2006.01) F02D 41/22^(2006.01)
- (21)

Anmeldenummer: 24176596.5
- (52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F02D 41/1448; F02B 37/12; F02D 41/1446;
F02D 41/22; F02B 2039/164; F02D 2200/0406;
F02D 2200/0411
- (22)

Anmeldetag: 17.05.2024

- (84)

Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN
- (72)

Erfinder:
• Schmidt, Celine
38440 Wolfsburg (DE)
• Gebauer, Stefan
38440 Wolfsburg (DE)
- (74)

Vertreter: MFG Patentanwälte
Meyer-Wildhagen Meggle-Freund
Gerhard PartG mbB
Amalienstraße 62
80799 München (DE)
- (30)

Priorität: 22.05.2023 DE 102023113312
- (71)

Anmelder: Volkswagen AG
38440 Wolfsburg (DE)

(54)

VERDICHTERSCHUTZFUNKTION ZUR EINHALTUNG DER
VERDICHTERAUSTRITTSTEMPERATUR, STEUERVORRICHTUNG,
VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE UND FAHRZEUG

- (57)

Modellbasiertes Schutzverfahren zur Einhaltung einer Grenztemperatur eines Verdichterbauteils in einem Verdichter für eine Verbrennungskraftmaschine, umfassend Bestimmen einer Zylinderfüllung basierend auf einem Verdichtermodell, das die isentrope Kompression eines Gases anwendet, einem Druck vor dem Verdichter, einer Temperatur vor dem Verdichter und einem Sollwirkungsgrad des Verdichters und Einstellen eines Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine basierend auf der bestimmten Zylinderfüllmenge, sodass die Grenztemperatur des Verdichterbauteils nicht überschritten wird.

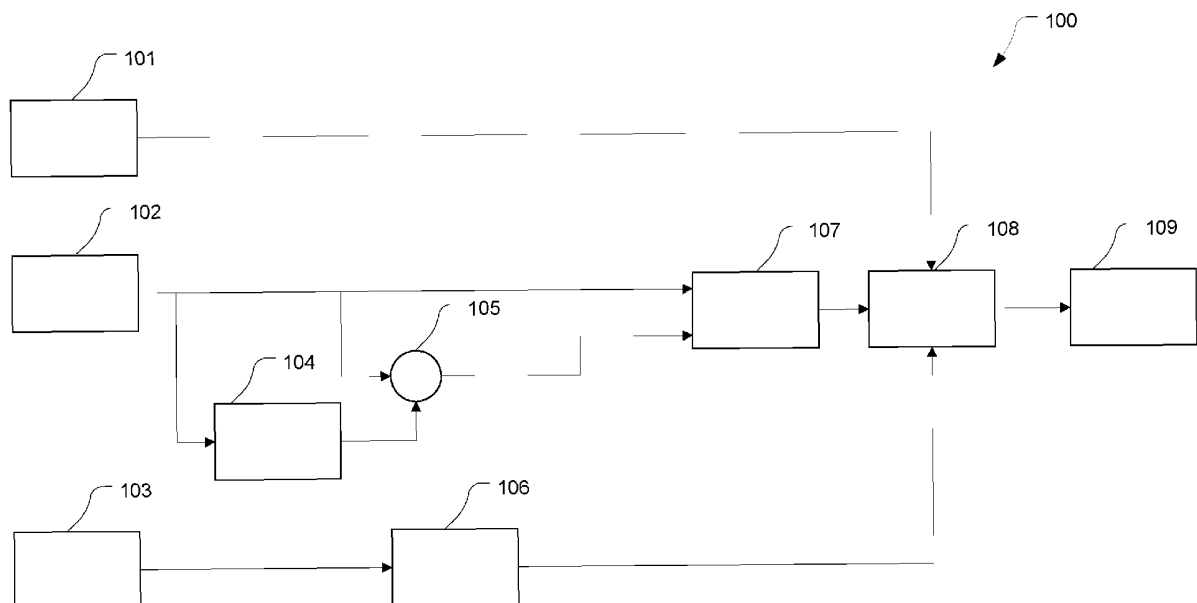


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verdichterschutzfunktion zur Einhaltung der Verdichteraustrittstemperatur, eine Steuervorrichtung, eine Verbrennungskraftmaschine und ein Fahrzeug.

[0002] Es ist bekannt, dass Fahrsituationen wie beispielsweise schnelle Schaltmanöver bei Bergauffahrt unter Volllast eine Überschreitung der vom Bauteilhersteller vorgegebenen Temperaturobergrenze am Verdichterrad erzeugen können. Die Temperaturmesstechnik, die serienmäßig verbaut wird, kann diese Temperaturüberschreitungen aufgrund der geringen Dynamik der Messwerte (bzw. Trägheit der Messung) und einem Temperaturoffset nicht erkennen. Der betreffende Sensor wird primär zur Regelung (Überwachung) der Ladeluftkühlung eingesetzt und ist am Eingang des Ladeluftkühlers positioniert. Zum Vermeiden der Temperaturüberschreitungen am Verdichter kann dieser Sensor somit nicht eingesetzt werden.

[0003] Es existieren bereits konstruktive Lösungen zur Reduktion der Bauteiltemperatur über eine externe Kühlung. Bei einem Biturbomotor bietet sich außerdem die Möglichkeit einer Zwischenkühlung der Ladeluft nach der ersten Verdichtungsstufe an. So kann bereits die Temperatur am Eingang des Hochdruckverdichters reduziert werden und infolgedessen auch die Temperatur am Ausgang des Hochdruckverdichters.

[0004] Ferner gibt es bisher softwarebasierte Konzepte zur Zylinderfüllungsbegrenzung. Diese beziehen sich jedoch nicht auf den Schutz des Verdichters.

[0005] DE 10 2017 212 280 A1 offenbart ein Verfahren zum Schutz eines Verdichters, bei dem ein maximaler Sollladedruck bestimmt wird.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Verdichterschutzfunktion zur Einhaltung der Verdichteraustrittstemperatur bereitzustellen, die die oben genannten Nachteile wenigstens teilweise überwindet.

[0007] Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße modellbasierte Schutzverfahren nach Anspruch 1 gelöst. Diese Aufgabe wird ebenfalls durch die erfindungsgemäße Steuervorrichtung nach Anspruch 8 gelöst, die erfindungsgemäße Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 9 und das erfindungsgemäße Fahrzeug nach Anspruch 10.

[0008] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung.

[0009] Die konstruktiven Lösungen sind nachteilig in Bezug auf die Integration weiterer Komponenten für das Packaging und verursachen damit zusätzlichen Aufwand in der Produktion. Eine softwarebasierte Schutzfunktion (Schutzverfahren) durch Modellierung der Temperatur bzw. des Ladedrucks am Verdichteraustritt kann flexibel in verschiedenen Motorvarianten nach Euro 7 Abgasnorm - wie Mono- bzw. Biturbomotoren - genutzt werden, wobei mit einem zylinderfüllungsbasierten Gassystem

gesteuert (geregelt) wird.

[0010] Es wird auf Basis einer modellierten Temperatur oder einem modellierten Druck am Verdichteraustritt die Sollzylinderfüllung modellbasiert begrenzt. Dabei wird nicht erst auf eine Messung einer Temperaturüberschreitung reagiert, sondern aus Sollwerten bestimmt, ob ein noch einzustellender Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine ein Betriebszustand ist, in dem die Grenztemperatur des Verdichters überschritten würde, woraufhin die Zylinderfüllung begrenzt wird. Sensorbasierte Lösungen haben den Nachteil, dass oft erst ein Schutzeingriff vorgenommen wird, wenn eine Überschreitung der Grenztemperatur bereits gemessen wird. Dies ist der Trägheit der Sensorik bzw. der Einbaulage (Temperaturtransporteffekt) geschuldet.

[0011] Ein erfindungsgemäßes modellbasiertes Schutzverfahren zur Einhaltung einer Grenztemperatur eines Verdichterbauteils in einem Verdichter für eine Verbrennungskraftmaschine, umfassend Bestimmen einer Zylinderfüllung basierend auf einem Verdichtermodell, das die isentrope Kompression eines Gases anwendet, einem Druck vor dem Verdichter, einer Temperatur vor dem Verdichter und einem Sollwirkungsgrad des Verdichters und Einstellen eines Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine basierend auf der Zylinderfüllmenge, sodass die Grenztemperatur des Verdichterbauteils nicht überschritten wird.

[0012] Der Verdichter ist beispielsweise der Verdichter eines Abgasturboladers. Das Verdichterbauteil kann beispielsweise ein Verdichterrad sein. Die Grenztemperatur des Verdichterbauteils (des Verdichters) kann eine maximale Temperatur sein, die für das Verdichterbauteil vorgegeben ist.

[0013] Wird die Temperatur nach dem Verdichter nicht durch einen Temperatursensor unmittelbar am Verdichter erfasst, sondern beispielsweise mit einem Temperatursensor vor dem Ladeluftkühler, so unterliegen die Messwerte einem Temperaturoffset und einer verzögerten Dynamik. Für eine Grenztemperatur am Verdichter, die auch dynamisch wirksam ist, ist dieser Temperatursensor somit nicht geeignet.

[0014] Anstelle von konstruktiven Lösungen wie einem zweiten Temperatursensor oder einer Kühlung des Verdichters bietet ein softwarebasierter Ansatz eine Verminderung der Anzahl bzw. Komplexität an Bauteilen. Allgemein greift das Schutzverfahren ein, wenn eine extreme Fahrsituation vorliegt, beispielsweise unter Volllast, in einer heißen Umgebung, mit heißem Motor, im Anhängerbetrieb, in der Bergauffahrt oder einer Kombination der vorgenannten Fahrsituationen. Konstruktive Lösungen kommen in solchen Situationen ebenfalls an eine Grenze. Beispielsweise kann eine Kühlung des Verdichtergehäuses oder eine Kühlung der Ladeluft zwischen zwei Verdichtern vermindert sein, da die Kühlflüssigkeit oder Kühlluft bereits erwärmt ist. Dadurch kann ein Schutz vor Überhitzung des Verdichters unter solchen Umständen nicht gewährleistet sein.

[0015] Die Grenztemperatur geht auf eine thermische

Belastungsobergrenze des Verdichterbauteils (des Verdichters) zurück. Eine solche Grenztemperatur kann auch eingehalten werden, wenn kein Sensor direkt an dem Verdichter verbaut ist.

[0016] Die Zylinderfüllung ist die Menge aller Gase pro Hub, die in den Zylinder (das Zylindervolumen) der Verbrennungskraftmaschine gefüllt werden (fließen). Dies geschieht im Ansaugtakt (Einlassevent) mit dem vorherrschenden Saugrohrdruck. Der Saugrohrdruck ist der Druck vor Zylinder und nach Ladeluftkühler und hängt vom Ladedruck ab. Der Ladedruck wird von dem Verdichter erzeugt. Dieser wird infolge der Ladeluftkühlung durch einen Druckabfall wegen Strömungsverlusten und einem Druckabfall wegen Kühlung und Dichteerhöhung des Gases sowie des möglichen Druckvorhalts über Drosselklappe - die sich ebenfalls zwischen Verdichter und Zylindereinlass befindet - reduziert. Deshalb ist der Saugrohrdruck immer geringer als der Ladedruck. Die Zylinderfüllung muss deshalb mit dem Saugrohrdruck bestimmt werden. Eine Begrenzung der Soll-Zylinderfüllung begrenzt auch alle anderen Sollwerte im Ansaugtakt der Verbrennungskraftmaschine, beispielsweise den Soll für die angesaugte Frischluft, die Abgasrückführungsrate und die Verdichtung bzw. den Sollladedruck. Die bestimmte Zylinderfüllung ist eine Zylinderfüllung die geringer ist als eine Zylinderfüllung die ohne das erfindungsgemäße Schutzverfahren mit dem Einstellen des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine eingestellt würde. Alternativ wird die bestimmte Zylinderfüllung nur eingestellt, wenn sie kleiner ist als die Zylinderfüllung die ohne das erfindungsgemäße Schutzverfahren mit dem Einstellen des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine eingestellt würde.

[0017] Somit hat diese Art der Begrenzung keinen ungewollten Einfluss auf die Zusammensetzung der Zylinderfüllung und damit auf die Zusammensetzung des Abgases und kann parallel zu anderen Regelungen des Ansaugtrakts und Abgases der Verbrennungskraftmaschine verwendet werden bzw. kann in diese integriert werden.

[0018] Es gibt Ausführungen, bei denen das Bestimmen zudem auf einem Druck nach dem Verdichter basiert und mittels des Verdichtermodells eine Temperatur nach dem Verdichter bestimmt wird, auf Basis derer die Zylinderfüllung bestimmt wird.

[0019] Mit dem Sollladedruck, der aufgrund der begrenzten Zylinderfüllung ebenfalls begrenzt ist, wird auch die Kompression im Verdichter begrenzt und somit die Temperatur nach dem Verdichter. Somit wird mit einem modellbasierten Temperaturwert nach dem Verdichter die Temperatur des Verdichters unterhalb einer Grenztemperatur gehalten.

[0020] Die modellbasierte Temperatur wird auf Grundlage der isentropen Kompression des Gases in dem Verdichter bestimmt. Somit wird durch eine modellierte Temperatur nach dem Verdichter die Zylinderfüllung begrenzt.

[0021] Folglich wird die Wärme reduziert, die bei der

Verdichtung entsteht. Im Zuge dessen kann auch die Bauteiltemperatur beispielsweise des Verdichters oder des Verdichterrades reduziert werden.

[0022] Die Basis des Verdichtermodells stellt die Formel der isentropen Kompression dar, die nach der Temperatur nach dem Verdichter umgestellt ist und den Wirkungsgrad des Verdichters berücksichtigt.

$$T_{nV} = T_{vV} \left(1 + \frac{1}{\eta_{isen}} \left[\left(\frac{p_{nV}}{p_{vV}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] \right).$$

[0023] Dabei ist p_{vV} der Druck vor dem Verdichter, p_{nV} der Druck nach dem Verdichter, T_{vV} die Temperatur vor dem Verdichter, η_{isen} der isentrope Sollwirkungsgrad des Verdichters und κ der Isentropenexponent der Ansaugluft. Die modellierte Temperatur T_{nV} nach dem Verdichter wird herangezogen, um die thermische Belastungsobergrenze des Bauteils einzuhalten. Die Belastungsobergrenze kann variabel je nach Bauteil angepasst werden. Die übrigen Eingangswerte sind Mess- bzw. Modellwerte. Insbesondere können die Eingangswerte aus Sollwerten des Ansaugtraktes der Verbrennungskraftmaschine bestimmt sein. Dadurch kann eine Überschreitung der Belastungsobergrenze bzw. Grenztemperatur in einem noch einzustellenden Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschinen detektiert werden und durch eine Begrenzung der Zylinderfüllung verhindert werden.

[0024] Das Begrenzungskonzept ist für verschiedene Motorkonzepte anwendbar, die mit einer ein- oder zweistufigen Aufladung ausgestattet sind und deren Gassystem zylinderfüllungsbasiert ausgelegt ist. Für einen Motor mit einstufiger Aufladung werden die Zustände vor dem Verdichter als Eingangsgrößen angenommen. Für eine zweistufige Aufladung hingegen gehen die Zustände zwischen den beiden Verdichtern als Eingangsgrößen in die Formel für die isentrope Kompression ein. Diese Eingangsgrößen können wiederum mittels der Formel für die isentrope Kompression bestimmt sein.

[0025] Der Druck vor dem Verdichter kann beispielsweise berechnet sein. Der Druck vor einem HD-Verdichter, also der zweiten Stufe, kann über die isentrope Kompression berechnet sein. Die Temperatur vor dem ersten Verdichter ist abhängig von dem Frischluftmassenstrom und dessen Temperatur sowie dem AGR-Massenstrom und dessen Temperatur.

[0026] Die Temperatur nach dem ersten Verdichter ist abhängig von einer optionalen Verdichtergehäusekühlung, einer AGR-Rate, der Temperatur vor dem Verdichter, dem Verdichtervirkungsgrad (Isentrop) und dem Druckverhältnis über den Verdichter. Dies entspricht den Abhängigkeiten des isentropen Kompressionsmodells des Verdichters, wobei die AGR-Rate den Isentropenexponenten des Gases beeinflusst.

[0027] Es gibt Ausführungen, bei denen die bestimmte Temperatur nach dem Verdichter mit einer gemessenen Temperatur nach dem Verdichter gemischt wird, um eine

Synthesetemperatur nach dem Verdichter zu bestimmen, auf Basis derer die Zylinderfüllung bestimmt wird, wobei ein Mischungsfaktor zwischen bestimmter und gemessener Temperatur nach dem Verdichter aus einem Motormoment bestimmt ist und auf Basis der Synthesetemperatur nach dem Verdichter ein Korrekturfaktor für die Zylinderfüllung bestimmt wird, der die bestimmte Zylinderfüllung begrenzt.

[0028] Die gemessene Temperatur nach dem Verdichter kann beispielsweise nur in einem stationären Betrieb der Verbrennungskraftmaschine valide sein, da die Temperaturmessung einer gewissen Trägheit unterliegt. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ein Temperatursensor nach dem Verdichter primär zur Steuerung der Ladeluftkühlung verbaut ist.

[0029] Dieser stationär valide Temperatursensor kann dann mit der aus dem Verdichtermodell bestimmten modellierten Temperatur gemischt werden, die in einem dynamischen Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine genauer ist als der Temperatursensor. Aus der Mischung wird eine Synthesetemperatur erhalten.

[0030] Als Entscheidungskriterium, welche der beiden Temperaturen - modelliert oder gemessen - mit welchem Gewicht zu der Synthesetemperatur gemittelt wird, eignet sich jeglicher Parameter, der beschreibt wie dynamisch oder statisch der Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine ist. Beispielsweise kann das Motormoment oder der Sollladedruck herangezogen werden, um ein Entscheidungskriterium zu bilden. Das Entscheidungskriterium kann beispielsweise auch auf der zeitlichen Ableitung des Motormomentes oder der zeitlichen Ableitung des Sollladedrucks basieren.

[0031] Auf Basis der so bestimmten Synthesetemperatur kann dann mittels eines Kennfeldes ein Korrekturfaktor bestimmt werden, der die Zylinderfüllung korrigiert und somit begrenzt. Wenn beispielsweise der Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine dynamisch ist, wird die modellierte Temperatur in der Synthesetemperatur stärker gewichtet oder die Synthesetemperatur entspricht der modellierten Temperatur. Überschreitet die modellierte Temperatur eine Grenztemperatur, so findet eine Begrenzung der Zylinderfüllung statt.

[0032] Es gibt Ausführungen, bei denen das Bestimmen zudem auf einer Grenztemperatur des Verdichters basiert und mittels des Verdichtermodells ein maximaler Ladedruck nach dem Verdichter bestimmt wird, auf Basis dessen die Zylinderfüllung bestimmt wird.

[0033] Auf Grundlage der isentropen Kompression des Gases in dem Verdichter wird bestimmt, welcher Druck nach dem Verdichter vorliegen kann, ohne dass die Grenztemperatur überschritten wird.

[0034] Somit wird durch eine Begrenzung des Ladedrucks auch die Wärme reduziert, die bei der Verdichtung entsteht. Im Zuge dessen kann auch die Bauteiltemperatur beispielsweise des Verdichters oder des Verdichterrades reduziert werden.

[0035] Die Basis des Begrenzungskonzeptes für den Ladedruck stellt die Formel der isentropen Kompression

dar, die nach dem begrenzten Druck nach dem Verdichter umgestellt ist und den Wirkungsgrad des Verdichters berücksichtigt.

5

$$p_{\text{grenz}} = p_{\text{VV}} \left[\left(\left(\frac{T_{\text{grenz}}}{T_{\text{us}}} - 1 \right) \eta_{\text{isen}} \right) + 1 \right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}.$$

10

[0036] Dabei ist p_{VV} der Druck vor dem Verdichter, T_{grenz} die Grenztemperatur des Verdichters, T_{VV} die gemessene Temperatur vor dem Verdichter, η_{isen} der isentrope Sollwirkungsgrad des Verdichters und κ der Isentropenexponent der Ansaugluft. Die Grenztemperatur T_{grenz} nach dem Verdichter beschreibt die thermische Belastungsobergrenze des Bauteils und kann variabel je nach Bauteil angepasst werden. Die übrigen Eingangswerte sind Mess- bzw. Modellwerte. Insbesondere können die Eingangswerte aus Sollwerten des Ansaugtraktes der Verbrennungskraftmaschine bestimmt sein. Dadurch kann eine Überschreitung der Belastungsobergrenze bzw. Grenztemperatur in einem noch einzustellenden Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschinen detektiert und durch eine Begrenzung der Zylinderfüllung verhindert werden.

25

[0037] Es gibt Ausführungen weiter, umfassend Wählen eines Minimums aus dem berechneten maximalen Ladedruck und einem vorgegebenen Sollladedruck, Bestimmen der Zylinderfüllung für die Verbrennungskraftmaschine anhand des ausgewählten Minimums.

30

[0038] Der berechnete Grenzdruck nach dem Verdichter (bzw. begrenzter Sollladedruck) wird mit dem steuervorrichtungsseitigen Sollladedruck in einer Minimumsauswahl verglichen. Dadurch kann sichergestellt werden, dass nur in Bereichen, in denen der begrenzte Sollladedruck unterhalb des steuervorrichtungsseitigen Sollladedrucks liegt, die Begrenzung durchgeführt wird. Liegt der berechnete Sollladedruck oberhalb des steuervorrichtungsseitigen Sollladedrucks, wird keine Begrenzung durchgeführt. Der sich in der Minimumsauswahl ergebende Wert stellt somit den einzuregelnden temperaturbegrenzten Sollladedruck dar.

35

[0039] Das Begrenzungskonzept ist für verschiedene Motorkonzepte anwendbar, die mit einer ein- oder zweistufigen Aufladung ausgestattet sind und deren Gassystem zylinderfüllungsbasiert ausgelegt ist. Für einen Motor mit einstufiger Aufladung werden die Zustände vor dem Verdichter als Eingangsgrößen angenommen. Für eine zweistufige Aufladung hingegen gehen die Zustände zwischen den beiden Verdichtern als Eingangsgrößen in die Formel für die isentrope Kompression zur Berechnung des begrenzten Sollladedrucks ein.

40

[0040] Der Druck vor dem Verdichter kann beispielsweise berechnet sein. Der Druck vor einem HD-Verdichter, also der zweiten Stufe, kann über die isentrope Kompression berechnet sein. Die Temperatur vor dem ersten Verdichter ist abhängig von dem Frischluftmassenstrom und dessen Temperatur sowie dem AGR-Massenstrom

45

und dessen Temperatur.

[0041] Die Temperatur nach dem ersten Verdichter ist abhängig von einer optionalen Verdichtergehäusekühlung, einer AGR-Rate, der Temperatur vor dem Verdichter, dem Verdichtereffizienzgrad (Isentrop) und dem Druckverhältnis über den Verdichter. Dies entspricht den Abhängigkeiten des isentropen Kompressionsmodells des Verdichters, wobei die AGR-Rate den Isentropenexponenten des Gases beeinflusst.

[0042] Es gibt Ausführungen, bei denen das Bestimmen des maximalen Ladedrucks ein Filtern des bestimmten maximalen Ladedrucks umfasst, das Wählen des Minimums auf dem gefilterten maximalen Ladedruck basiert, das Bestimmen der maximalen Zylinderfüllung ein Wählen eines weiteren Minimums aus der berechneten maximalen Zylinderfüllung und einer vorgegebenen Sollzylinderfüllung umfasst und das Einstellen des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine auf dem weiteren Minimum basiert.

[0043] Da der Ladedruck nicht die höchstprioräre Größe (Führungsgröße) im Gassystem sein muss, kann es vorkommen, dass bei Gassystemen, deren Führungsgröße die Zylinderfüllung ist, alle anderen Sollwerte im Gassystem unverändert bleiben und nur der Soll- bzw. der Istladedruck begrenzt werden. Aufgrund des verringerten Istladedrucks im Begrenzungsfall können infolge der Begrenzung situationsbedingt die anderen Sollgrößen nicht eingeregelt werden. Die bleibenden Regelabweichungen in einzelnen Strecken resultieren in einer Begrenzung der Zylinderfüllung unter der Berücksichtigung der maximal zulässigen Verdichtertemperatur.

[0044] Mit der Sollzylinderfüllung als Führungsgröße werden somit alle anderen Sollgrößen entlang der Ladeluftstrecke berechnet und angepasst. Dies schließt auch den Sollladedruck mit ein. Im Gegensatz zu einer reinen Ladedruckbegrenzung bietet eine zylinderfüllungsbasierte Begrenzung den Vorteil, dass alle Sollwerte entlang der Ladeluftstrecke konsistent zueinander sind und damit keine Abweichungen zwischen Soll- und Istgrößen, die nicht der Soll- bzw. der Istladedruck sind, infolge des Begrenzungseingriffs entstehen.

[0045] Die begrenzte Sollzylinderfüllung ergibt sich auf Basis des einzuregelnden temperaturbegrenzten Sollladedrucks. Die Sollwerte können entlang der Ladeluftstrecke bis zur Zylinderfüllung zurückgerechnet werden. Dies führt dazu, dass alle Istgrößen entlang der Ladeluftstrecke aufgrund der begrenzten Sollzylinderfüllung auf die entsprechenden mit der begrenzten Zylinderfüllung konsistenten Sollgrößen geregelt werden.

[0046] Mit dem begrenzten Sollladedruck wird über die Ansaugstrecke zurück auf die Zylinderfüllung (Führungsgröße) gerechnet. Dadurch ergibt sich die begrenzte Zylinderfüllung. Das Füllungsbegrenzungskonzept basiert somit auf dem Ladedruckbegrenzungskonzept, sodass dieses eine Erweiterung darstellt. Für verschiedene Aufladungsaggregate - wie zum Beispiel den Verdichter eines Turboladers - ist es möglich, die thermische Belastungsobergrenze entsprechend anzupassen, ohne Än-

derungen an der Funktion vornehmen zu müssen.

[0047] Diese thermische Belastungsobergrenze ist auch dynamisch wirksam. Weiterhin kann die stationäre bestimmte thermische Belastungsobergrenze für den Verdichter - basierend auf dem Temperatursensor am Ladeluftkühler - ebenfalls die Zylinderfüllung limitieren.

[0048] Das Bestimmen der maximalen Zylinderfüllung umfasst ein Wählen eines weiteren Minimums aus der berechneten maximalen Zylinderfüllung und einer vorgegebenen Sollzylinderfüllung und das Einstellen des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine auf dem weiteren Minimum basiert.

[0049] Die sich ergebende begrenzte Zylinderfüllung kann wiederum mittels einer Minimumsauswahl mit einer Sollzylinderfüllung aus einer Steuervorrichtung verglichen und gegebenenfalls eingeregelt werden. Somit wird eine Begrenzung nur in den notwendigen Bereichen durchgeführt.

[0050] Es gibt Ausführungen, bei denen das Bestimmen des maximalen Ladedrucks ein Filtern des bestimmten maximalen Ladedrucks umfasst und das Wählen des Minimums auf dem gefilterten maximalen Ladedruck basiert.

[0051] Durch das Filtern des bestimmten maximalen Ladedrucks funktioniert die Minimumsauswahl als Entscheidungskriterium - ob eine Begrenzung durchgeführt werden muss oder nicht - stabiler.

[0052] Es gibt Ausführungen, bei denen das Bestimmen der maximalen Zylinderfüllung ein Filtern der berechneten maximalen Zylinderfüllung umfasst und das Wählen des weiteren Minimums auf der gefilterten maximalen Zylinderfüllung basiert.

[0053] Durch das Filtern der bestimmten maximalen Zylinderfüllung funktioniert die Minimumsauswahl als Entscheidungskriterium - ob eine Begrenzung durchgeführt werden muss oder nicht - stabiler.

[0054] Es gibt Ausführungen, bei denen die Grenztemperatur eine maximal zulässige Verdichteraustrittstemperatur ist.

[0055] Die Austrittstemperatur des Verdichters wird dabei mit der Temperatur gleichgesetzt, die der Verdichter, bzw. das Verdichterrad von dem komprimierten Gas annimmt.

[0056] Es gibt Ausführungen, bei denen das Einstellen des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine ein Regeln des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine ist und die Zylinderfüllung die Führungsgröße der Regelung des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine ist.

[0057] Eine erfindungsgemäße Steuervorrichtung ist dazu ausgelegt, ein Verfahren nach einer der obigen Ausführungen auszuführen.

[0058] Eine erfindungsgemäße Verbrennungskraftmaschine mit zumindest einem Verdichter, einem Temperatursensor vor dem Verdichter und einer oben beschriebenen Steuervorrichtung.

[0059] Ein erfindungsgemäßes Fahrzeug mit einer oben beschriebenen Verbrennungskraftmaschine.

[0060] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun beispielhaft und unter Bezugnahme auf die beige-fügte Zeichnung beschrieben. Es zeigt:

- Fig. 1 schematisch eine Signalsynthese für einen Temperaturwert nach dem Verdichter zur Begrenzung einer Zylinderfüllung nach einem Ausführungsbeispiel;
 Fig. 2 schematisch eine Zylinderfüllungskorrektur zur Begrenzung einer Zylinderfüllung nach einem Ausführungsbeispiel;
 Fig. 3 ein Flussdiagramm nach einem Ausführungsbeispiel einer Bestimmung einer begrenzten Zylinderfüllung;
 Fig. 4 schematisch den Gasfluss durch eine Verbrennungskraftmaschine nach einem Ausführungsbeispiel; und
 Fig. 5 ein Fahrzeug mit einer Verbrennungskraftmaschine und einer Steuervorrichtung nach einem Ausführungsbeispiel.

[0061] Fig. 1 zeigt schematisch eine Signalsynthese für einen Temperaturwert nach dem Verdichter zur Begrenzung einer Zylinderfüllung nach einem Ausführungsbeispiel.

[0062] Die Signalsynthese 100 umfasst einen Sensorwert 101 für die Temperatur vor dem Ladeluftkühler, ein Motormoment 102, ein Verdichtermodell 103 für die Temperatur nach dem Verdichter, einen Tiefpassfilter 104, eine Subtraktionsstelle 105, eine modellierte Temperatur 106, eine Interpolationsfaktorbestimmung 107, einen Mixer 108 und einen Synthesetemperaturwert 109 auf Basis von Sensorwert 101 und der modellierten Temperatur 106.

[0063] Der Sensorwert 101 wird zu einem ersten Signaleingang des Mixers 108 übermittelt und die modellierte Temperatur 106 wird zu einem zweiten Signaleingang des Mixers 108 übermittelt. Der Mixer 108 mixt (interpoliert linear) einen Synthesetemperaturwert 109 auf Basis eines Interpolationsfaktors, der aus dem Motormoment 102 bestimmt ist.

[0064] Die modellierte Temperatur 106 wird in dem Verdichtermodell 103 bestimmt. Die Basis des Verdichtermodells 103 stellt die Formel der isentropen Kompression dar, die nach der Temperatur nach dem Verdichter umgestellt ist und den Wirkungsgrad des Verdichters berücksichtigt.

$$T_{nV} = T_{vV} \left(1 + \frac{1}{\eta_{isen}} \left[\left(\frac{p_{nV}}{p_{vV}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] \right).$$

[0065] Dabei ist p_{vV} der Druck vor dem Verdichter, p_{nV} der Druck nach dem Verdichter, T_{vV} die Temperatur vor dem Verdichter, η_{isen} der isentrope Sollwirkungsgrad des Verdichters und κ der Isentropenexponent der Ansaugluft.

[0066] Das Motormoment 102 wird an den Tiefpassfilter 104, die Subtraktionsstelle 105 und die Interpolationsfaktorbestimmung 107 übermittelt. Der Tiefpassfilter 104 filtert das Motormoment auf Basis einer vorgegebenen Zeitkonstante und übermittelt das tiefpassgefilterte Motormoment an die Subtraktionsstelle 105.

[0067] Die Subtraktionsstelle 105 bildet die Differenz des tiefpassgefilterten Motormomentes aus dem Tiefpassfilter 104 und dem Motormoment 102. Die Differenz wird an die Interpolationsfaktorbestimmung 107 übermittelt.

[0068] Die Interpolationsfaktorbestimmung 107 bestimmt auf Basis des Motormomentes 102 und der Differenz aus der Subtraktionsstelle 105 einen Interpolationsfaktor. Der Interpolationsfaktor wird an den Mixer 108 übermittelt.

[0069] Wie oben beschrieben, mixt der Mixer 108 dann den Sensorwert 101 und die modellierte Temperatur 106 auf Basis des Interpolationsfaktors und gibt den Synthesetemperaturwert 109 aus. Diese Mischung im Mixer 108 kann beispielsweise eine lineare Mischung sein, bei der ein Interpolationsfaktor, der null ist, bedeutet, dass der Mischtemperaturwert 109 dem Sensorwert 101 entspricht, ein Interpolationsfaktor, der eins ist, bedeutet, dass der Mischtemperaturwert 109 der modellierten Temperatur 106 entspricht und ein Interpolationsfaktor, der 0,5 ist, bedeutet, dass der Mischtemperaturwert 109 der Mittelung aus Sensorwert 101 und modellierter Temperatur 106 entspricht.

[0070] Der Sensorwert 101 des Temperatursensors am Ladeluftkühler ist in stationären Situationen valide, aber aufgrund der Trägheit der Temperaturmessung in dynamischen Situationen nicht aussagekräftig. Die modellierte Temperatur 106 zeigt gegenüber der tatsächlichen Temperatur am Verdichteraustritt Abweichungen und ist insbesondere in stationären Situationen "unge-nauer" als der Sensorwert 101. In dynamischen Situationen ist die modellierte Temperatur 106 jedoch deutlich näher an der Temperatur am Verdichteraustritt, als der Sensorwert 101.

[0071] Daraus ergibt sich die Kombination beider Informationen, sodass in stationären Situationen der Sensorwert 101 übernommen wird und in dynamischen Situationen die modellierte Temperatur 106. Das Fusionieren beider Werte geschieht über lineare Interpolation zwischen beiden Werten in Abhängigkeit eines Interpolationsfaktors.

[0072] Wie oben gezeigt, wird der Interpolationsfaktor aus der zeitlichen Ableitung des Moments (Änderung des Moments) generiert, welche durch die Differenzbildung nach der Tiefpassfilterung erzeugt ist. Alternativ kann der Solladedruck zur Bildung des Interpolationsfaktors herangezogen werden, dabei kann auch die zeitliche Ableitung des Solladedrucks (Änderung des Solladedrucks) gebildet werden. Der Interpolationsfaktor ist auch von den Absolutwerten abhängig, also von dem Moment und dem Soll-Druckverhältnis über den Verdichter.

[0073] Dies dient dazu, eine Lastabhängigkeit in der

Interpolation berücksichtigen zu können. Somit kann die modellierte Temperatur 106 in allen unkritischen Lastbereichen (stationären Situationen) ausgeblendet werden, wobei sie in kritischen Lastbereichen (dynamischen Situationen) dominanter in die Synthesetemperatur 109 eingeht. Ferner kann die Synthesetemperatur 109 auch der modellierten Temperatur 106 entsprechen, wenn eine dynamische Situation vorliegt. Die modellierte Temperatur 106 basiert auf der Modellierung der isentropen Kompression. Die fusionierte Temperatur (Synthesetemperatur 109) wird entweder zur Zylinderfüllungskorrektur benutzt, wodurch die Zylinderfüllung im Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine begrenzt wird.

[0074] Fig. 2 zeigt schematisch eine Zylinderfüllungskorrektur zur Begrenzung einer Zylinderfüllung nach einem Ausführungsbeispiel.

[0075] Die Zylinderfüllungskorrektur 200 umfasst einen Index 201, eine Motordrehzahl 202, einen Drehmomenteingangswert 203, eine Synthesetemperatur 204, eine Ansaugkrümmertemperatur 205, ein Kennfeld 206, ein Kennfeld 207, einen Pufferspeicher 208, einen Pufferspeicher 209, eine Multiplikationsstelle 210 und einen korrigierten Zylinderfüllungswert 211.

[0076] Der Index 201 gibt den Parameterraum des aktuellen Verbrennungsmodus der Zylinderfüllung an. Der Verbrennungsmodus kann beispielsweise ein Normalbetrieb, eine Dieselpartikelfilter-Regeneration oder ein Heizbetrieb eines Katalysators zur selektiven katalytischen Reduktion sein. Der Drehmomenteingangswert 203 ist der Drehmomentwert, der für Berechnungen in dem Zylinderfüllungspfad der statischen Sollwertberechnung verwendet wird.

[0077] Das Kennfeld 206 erhält den Index 201, den Drehmomenteingangswert 203 und die Motordrehzahl 202 als Eingangswerte. In dem Kennfeld 206 wird dann der charakteristische Wert der Zylinderfüllung in Abhängigkeit vom Drehmoment in dem aktuellen Verbrennungsmodus bestimmt. Dieser charakteristische Wert wird an den Pufferspeicher 208 übermittelt.

[0078] Die Synthesetemperatur 204 nach dem Verdichter wird zur Korrektur des Sollwertes der Zylinderfüllung verwendet. Mit der Synthesetemperatur wird dann der Druck nach dem Ladeluftkühler und weiter nach der Drosselklappe bestimmt (sollte diese hinter dem Ladeluftkühler verbaut sein). Mit dem Druck nach Drosselklappe kann dann die Zylinderfüllung bestimmt werden. Die Synthesetemperatur 204 ist wie in Fig. 1 bestimmt. Hier wird auf Basis dieser Synthesetemperatur 204 eine Korrektur für die Zylinderfüllung bestimmt und diese Zylinderfüllung somit begrenzt. Die Ansaugkrümmertemperatur 205 wird ebenfalls zur Korrektur des Sollwertes der Zylinderfüllung verwendet.

[0079] Das Kennfeld 207 erhält den Index 201, die Synthesetemperatur 204 und die Ansaugkrümmertemperatur 205 und bestimmt einen Korrekturfaktor der Zylinderfüllung in Abhängigkeit von der Gastemperatur im Ansaugkrümmer in dem aktuellen Verbrennungsmodus. Der Korrekturfaktor wird dann an den Pufferspeicher 209

übermittelt.

[0080] Der Pufferspeicher 208 speichert den charakteristischen Wert und übermittelt diesen an die Multiplikationsstelle 210. Der Pufferspeicher 209 speichert den Korrekturfaktor und übermittelt diesen an die Multiplikationsstelle 210.

[0081] In der Multiplikationsstelle 210 wird der charakteristische Wert aus dem Pufferspeicher 208 mit dem Korrekturfaktor aus dem Pufferspeicher 209 korrigiert, um den korrigierten Zylinderfüllungswert 211 zu erhalten.

[0082] Dieser korrigierte Zylinderfüllungswert 211 ist nach dem Start der Verbrennungskraftmaschine für den aktuellen Verbrennungsmodus definiert.

[0083] Die Korrektur erfolgt in Fig. 2 mittels des Kennfeldes 207, wodurch die Ansaugkrümmertemperatur 205 mitberücksichtigt wird. Allerdings kann auch nur die Temperatur 204 berücksichtigt werden, wobei das Kennfeld 207 durch eine Kennlinie ersetzt wird, die von der in Fig. 1 bestimmten Synthesetemperatur (108 in Fig. 1) abhängt.

[0084] Die Kennfelder 206 und 207 sind vom Betriebspunkt (Last/Drehzahl) und von der Betriebsart abhängig.

[0085] Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm nach einem Ausführungsbeispiel einer Bestimmung einer begrenzten Zylinderfüllung.

[0086] In Schritt S1 werden Eingangsgrößen für die Bestimmung einer begrenzten Zylinderfüllung ausgelesen. Die Eingangsgrößen umfassen einen Sollwirkungsgrad des Verdichters, eine gegebene Grenztemperatur des Verdichters (Temperatur nach Verdichter), einen Druck vor dem Verdichter und eine gemessene Temperatur vor dem Verdichter. Zusätzlich umfassen die Eingangsgrößen den Isentropenexponenten der Ansaugluft, die in dem Verdichter verdichtet wird. Ist der Verdichter zweistufig, so können die Werte für die Eingangsgrößen zwischen den Verdichtern mittels isentroper Kompression bestimmt werden oder aus Messungen abgespeichert sein. Der Sollwirkungsgrad des Verdichters kann zum Beispiel gemessen oder simuliert sein und der Druck vor dem (zweiten) Verdichter wird aus der isentropen Kompression bestimmt. Ist der Verdichter einstufig, so kann der Druck aus dem Umgebungsdruck sowie den zufließenden und abfließenden Massenströmen bestimmt sein.

[0087] Die Eingangsgrößen gehen in Schritt S2 in ein Modell ein, das die isentrope Kompression eines Gases (der Ansaugluft) anwendet. Dabei wird ein maximaler Ladedruck p_{grenz} nach dem Verdichter wie folgt berechnet:

$$p_{grenz} = p_{VV} \left[\left(\left(\frac{T_{grenz}}{T_{us}} - 1 \right) \eta_{isen} \right) + 1 \right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}.$$

[0088] Dabei ist p_{VV} der Druck vor dem Verdichter, T_{grenz} die Grenztemperatur des Verdichters, T_{VV} die gemessene Temperatur vor dem Verdichter, η_{isen} der isen-

trope Sollwirkungsgrad des Verdichters und κ der Isentropenexponenten der Ansaugluft.

[0089] Der maximale Ladedruck wird in Schritt S3 gefiltert, um Schwankungen des maximalen Ladedrucks zu verringern, um die nachfolgende Minimumsauswahl zu stabilisieren.

[0090] In Schritt S4 erfolgt eine Minimumsauswahl aus dem bestimmten (gefilterten) maximalen Ladedruck und einem Solladedruck, der aus einer Steuervorrichtung vorgegeben ist. Das ausgewählte Minimum wird als der begrenzte Solladedruck bestimmt. Auf Basis des begrenzten Solladedrucks kann in Schritt S5 ein Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine eingestellt bzw. geregelt werden. Somit wird der Verdichter aufgrund einer Begrenzung des Ladedrucks nach dem Verdichter vor dem Überschreiten der Grenztemperatur geschützt.

[0091] Eine weitere Möglichkeit zur Einstellung bzw. Regelung des Betriebszustands der Verbrennungskraftmaschine ist die Bestimmung einer begrenzten Sollzylinderfüllung in Schritt S6, die sich an die Bestimmung des begrenzten Solladedrucks anschließen kann. Die begrenzte Zylinderfüllung wird auf Basis des begrenzten Solladedrucks bestimmt. Dabei wird beispielsweise ausgehend von dem Massenstrom, der Verdichteraustritts-temperatur, und einem Druckabfallfaktor der Druckabfall über den Ladeluftkühler bestimmt. Aus dem begrenzten Solladedruck und dem Druckabfall über den Ladeluftkühler wird dann der Solldruck nach dem Ladeluftkühler bestimmt. Aus dem Solldruck nach dem Ladeluftkühler wird der Druck nach der Drosselklappe bestimmt woraufhin mithilfe des Druckverlustes im Einlasskanal und dem Faktor für den Druck am unteren Totpunkt eine Sollfüllung bestimmt wird. Die begrenzte Zylinderfüllung kann gefiltert werden, um Schwankungen der begrenzten Zylinderfüllung zu verringern.

[0092] In Schritt S7 erfolgt eine Minimumsauswahl aus der bestimmten begrenzten Zylinderfüllung und einer Sollzylinderfüllung, die aus einer Steuervorrichtung vorgegeben ist. Das ausgewählte weitere Minimum wird dann als begrenzte Sollzylinderfüllung bestimmt.

[0093] Auf Basis der begrenzten Sollzylinderfüllung kann dann in Schritt S8 ein Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine eingestellt bzw. geregelt werden. Somit wird der Verdichter aufgrund einer Begrenzung der Zylinderfüllung, die aus der Begrenzung des Ladedrucks nach dem Verdichter bestimmt ist, vor dem Überschreiten der Grenztemperatur geschützt.

[0094] Fig. 4 zeigt schematisch den Gasfluss durch eine Verbrennungskraftmaschine nach einem Ausführungsbeispiel.

[0095] Die Verbrennungskraftmaschine 400 umfasst einen Luftfilter 401, einen Heißfilmluftmassenmesser 402, einen Blowby 403, eine Niederdruckabgasrückführung (ND-AGR) 404, einen Niederdruckverdichter 405, einen Hochdruckverdichter 406, ein Verdichterbypassventil 407 (ein Kugelventil), einen Ladeluftkühler 408, eine Regelklappe 409, einen Temperatursensor 410, ei-

nen Verbrennungsmotor 411, eine Hochdruckabgasrückführung (HD-AGR) 412, eine Hochdruckturbine 413, ein Bypassventil 414, eine Niederdruckturbine 415, ein weiteres Bypassventil 416 und eine Abgasanlage 417.

[0096] Die Verbrennungskraftmaschine 400 saugt durch den Luftfilter 401 Frischluft an und misst den Massenstrom der Frischluft mit dem Heißfilmluftmassenmesser 402. Nach dem Heißfilmluftmassenmesser 401 wird die angesaugte Frischluft mit Abgasen aus dem ND-AGR 404 und dem Blowby 403 des Verbrennungsmotors 411 gemischt. Somit wird ein gemischtes Gas erzeugt.

[0097] Das gemischte Gas wird von dem Niederdruckverdichter 405 verdichtet und strömt danach weiter zu dem Hochdruckverdichter 406 und dem Verdichterbypassventil 407, die in dem Gasstrom parallel angeordnet sind. Das Bypassventil 407 ist als Kugelventil ausgelegt und öffnet sich, wenn der Druck des Gasgemisches rechts des Bypassventils 407 größer ist als links des Bypassventils 407. Aufgrund einer Steuervorrichtung (nicht dargestellt) wird entweder der Hochdruckverdichter 406 betrieben und verdichtet das Gasgemisch weiter oder das Gasgemisch strömt durch das Bypassventil 407.

[0098] Das verdichtete Gasgemisch wird in einem Ladeluftkühler 408 gekühlt. Der Ladeluftkühler 408 ist beispielsweise wassergekühlt. Danach wird der Massenstrom des Gasgemisches mit einer Regelklappe 409 geregelt und die Temperatur in dem geregelten Massenstrom des Gasgemisches mit dem Temperatursensor 410 gemessen.

[0099] Das Gasgemisch wird danach zur Verbrennung des Kraftstoffes in dem Verbrennungsmotor 411 verwendet, wodurch ein Abgasstrom entsteht.

[0100] Ein Teil des Abgasstroms wird durch die HD-AGR 412 wieder dem Verbrennungsmotor 411 zugeführt und mit dem Gasgemisch zur Verbrennung des Kraftstoffes gemischt.

[0101] Das restliche Abgases strömt weiter zu der Hochdruckturbine 413 und dem Bypassventil 414, die parallel in dem Abgasstrom angeordnet sind. Das Bypassventil 414 wird gesteuert (geregelt), um einzustellen, wie viel des Abgasstroms durch die Hochdruckturbine 413 strömt. Die Hochdruckturbine 413 entzieht dem Abgas, das durch die Hochdruckturbine 413 strömt, Energie, welche mittels einer Welle dem Hochdruckverdichter 406 bereitgestellt wird, wodurch dieser das angesaugte Gasgemisch verdichtet. Folglich kann über das Bypassventil 414 die Verdichtung in dem Hochdruckverdichter 406 gesteuert (geregelt) werden.

[0102] Nach der Hochdruckturbine 413 und dem Bypassventil 414 strömt das Abgas auf die Niederdruckturbine 415 und das Bypassventil 416, die parallel im Abgasstrom angeordnet sind. Das Bypassventil 416 wird gesteuert (geregelt), um einzustellen, wie viel des Abgasstroms durch die Niederdruckturbine 415 strömt. Die Niederdruckturbine 416 entzieht dem Abgas, das durch die Niederdruckturbine 416 strömt, Energie, welche mittels einer Welle dem Niederdruckverdichter 405 bereitgestellt wird, wodurch dieser das angesaugte Gasge-

misch verdichtet. Folglich kann über das Bypassventil 416 die Verdichtung in dem Niederdruckverdichter 405 gesteuert (geregelt) werden.

[0103] Nach der Niederdruckturbine 415 und dem Bypassventil 416 strömt das Abgas in die Abgasanlage 417. In der Abgasanlage 417 wird ein Teil des Abgases durch den ND-AGR 404 abgezweigt und vor dem Niederdruckverdichter 405 zu der Frischluft gemischt.

[0104] Fig. 5 zeigt ein Fahrzeug mit einer Verbrennungskraftmaschine und einer Steuervorrichtung nach einem Ausführungsbeispiel.

[0105] Das Fahrzeug 500 umfasst die Verbrennungskraftmaschine 400 und die Steuervorrichtung 501.

[0106] Die Steuervorrichtung steuert (regelt) die Verbrennungskraftmaschine 400. Genauer gesagt, erfasst die Steuervorrichtung Messwerte von Sensoren in der Verbrennungskraftmaschine 400 und regelt die Verbrennungskraftmaschine 400 auf Basis dieser Sensorwerte, vorgegebener Führungsgrößen, vorgegebener Gasmole und daraus erhaltener Sollwerte.

[0107] Das Fahrzeug 500 kann ein jegliches radgebundenes Fahrzeug zum Transport beispielsweise von Gütern oder Personen sein. Zum Beispiel ein Pkw oder ein Nutzfahrzeug wie ein Lkw.

Bezugszeichenliste

[0108]

100	Signalsynthese
201	Sensorwert
102	Motormoment
103	Verdichtermodell
104	Tiefpassfilter
105	Subtraktionsstelle
106	modellierte Temperatur
107	Interpolationsfaktorbestimmung
108	Mixer
109	Synthesetemperatur
200	Zylinderfüllungskorrektur
201	Index
202	Motordrehzahl
203	Drehmomenteingabewert
204	Temperatur
205	Ansaugkrümmertemperatur
206, 207	Kennfeld
208, 209	Pufferspeicher
210	Multiplikationsstelle
211	korrigierter Zylinderfüllungswert
300	Flussdiagramm
400	Verbrennungskraftmaschine
401	Luftfilter
402	Heißfilmluftmassenmesser
403	Blow-By
404	Niederdruckabgasrückführung
405	Niederdruckverdichter
406	Hochdruckverdichter
407	Verdichterbypassventil

408	Ladeluftkühler
409	Regelklappe
410	Temperatursensor
411	Verbrennungsmotor
5 412	Hochdruckabgasrückführung
413	Hochdruckturbine
414, 416	Bypassventil
415	Niederdruckturbine
417	Abgasanlage
10 500	Fahrzeug
501	Steuervorrichtung

Patentansprüche

1. Modellbasiertes Schutzverfahren zur Einhaltung einer Grenztemperatur (T_{grenz}) eines Verdichterbauteils in einem Verdichter (405, 406) für eine Verbrennungskraftmaschine (400), umfassend

Bestimmen einer Zylinderfüllung (211; S8) basierend auf einem Verdichtermodell (103; S2), das die isentrope Kompression eines Gases anwendet, einem Druck (p_{vV}) vor dem Verdichter (405, 406), einer Temperatur (T_{vV}) vor dem Verdichter (405, 406) und einem Sollwirkungsgrad (η_{isen}) des Verdichters (405, 406) und Einstellen eines Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine basierend auf der bestimmten Zylinderfüllmenge (211; S8), sodass die Grenztemperatur (T_{grenz}) des Verdichterbauteils nicht überschritten wird.

2. Modellbasiertes Schutzverfahren nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen zudem auf einem Druck (p_{nV}) nach dem Verdichter (405, 406) basiert und mittels des Verdichtermodells eine Temperatur (106) nach dem Verdichter (405, 406) bestimmt wird, auf Basis derer die Zylinderfüllung (211) bestimmt wird.

3. Modellbasiertes Schutzverfahren nach Anspruch 2, wobei

die bestimmte Temperatur (106) nach dem Verdichter (405, 406) mit einer gemessenen Temperatur (101) nach dem Verdichter (405, 406) gemischt wird, um eine Synthesetemperatur (109) nach dem Verdichter (405, 406) zu bestimmen, auf Basis derer die Zylinderfüllung (211) bestimmt wird, wobei ein Mischungsfaktor zwischen bestimmter und gemessener Temperatur nach dem Verdichter aus einem Motormoment (102) bestimmt ist und auf Basis der Synthesetemperatur (109) nach dem Verdichter (405, 406) ein Korrekturfaktor (209) für die Zylinderfüllung (208) bestimmt wird, der die bestimmte Zylinderfüllung (211) begrenzt.

4. Modellbasiertes Schutzverfahren nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen zudem auf einer Grenztemperatur (T_{grenz}) des Verdichters basiert und mittels des Verdichtermodells ein maximaler Ladedruck nach dem Verdichter bestimmt (S2) wird, auf Basis dessen die Zylinderfüllung bestimmt (S8) wird. 5

5. Modellbasiertes Schutzverfahren nach Anspruch 4, weiter umfassend
 - Wählen (S4) eines Minimums aus dem berechneten maximalen Ladedruck und einem vorgegebenen Solladedruck, 10
 - Bestimmen (S8) der Zylinderfüllung für die Verbrennungskraftmaschine (400) anhand des ausgewählten Minimums. 15

6. Modellbasiertes Schutzverfahren nach Anspruch 5, wobei
 - das Bestimmen (S2) des maximalen Ladedrucks ein Filtern (S3) des bestimmten maximalen Ladedrucks umfasst, 20
 - das Wählen (S4) des Minimums auf dem gefilterten maximalen Ladedruck basiert,
 - das Bestimmen (S8) der maximalen Zylinderfüllung ein Wählen (S7) eines weiteren Minimums aus der berechneten maximalen Zylinderfüllung und einer vorgegebenen Sollzylinderfüllung umfasst und 25
 - das Einstellen des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine (400) auf dem weiteren Minimum basiert. 30

7. Modellbasiertes Schutzverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Einstellen des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine (400) ein Regeln des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine (400) ist und die Zylinderfüllung die Führungsgröße der Regelung des Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine (400) ist. 35 40

8. Steuervorrichtung (501) dazu ausgelegt ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen. 45

9. Verbrennungskraftmaschine (400) mit zumindest einem Verdichter (405, 406) und einer Steuervorrichtung (501) nach Anspruch 8.

10. Fahrzeug (500) mit einer Verbrennungskraftmaschine (400) nach Anspruch 9. 50

55

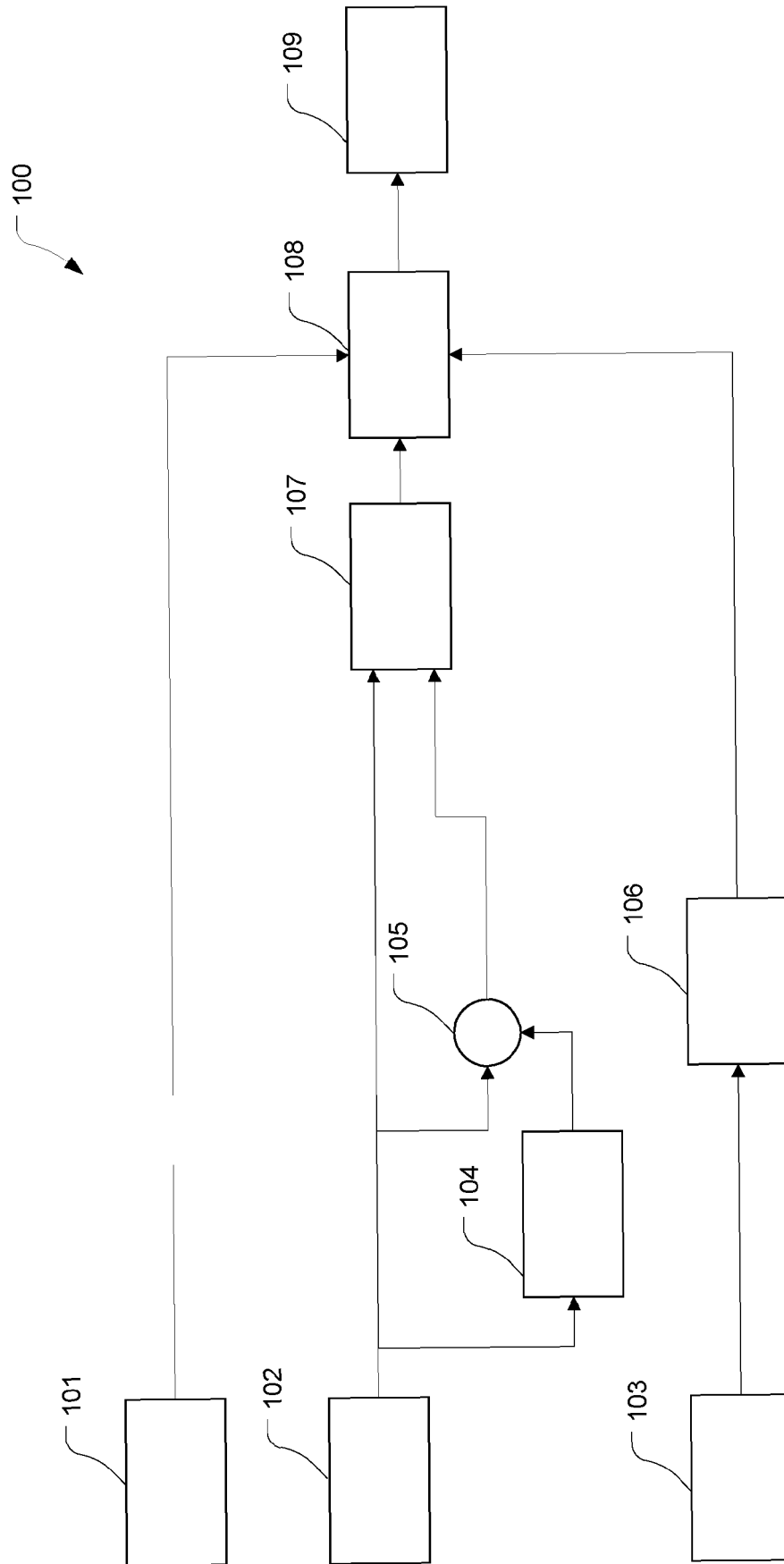


Fig. 1

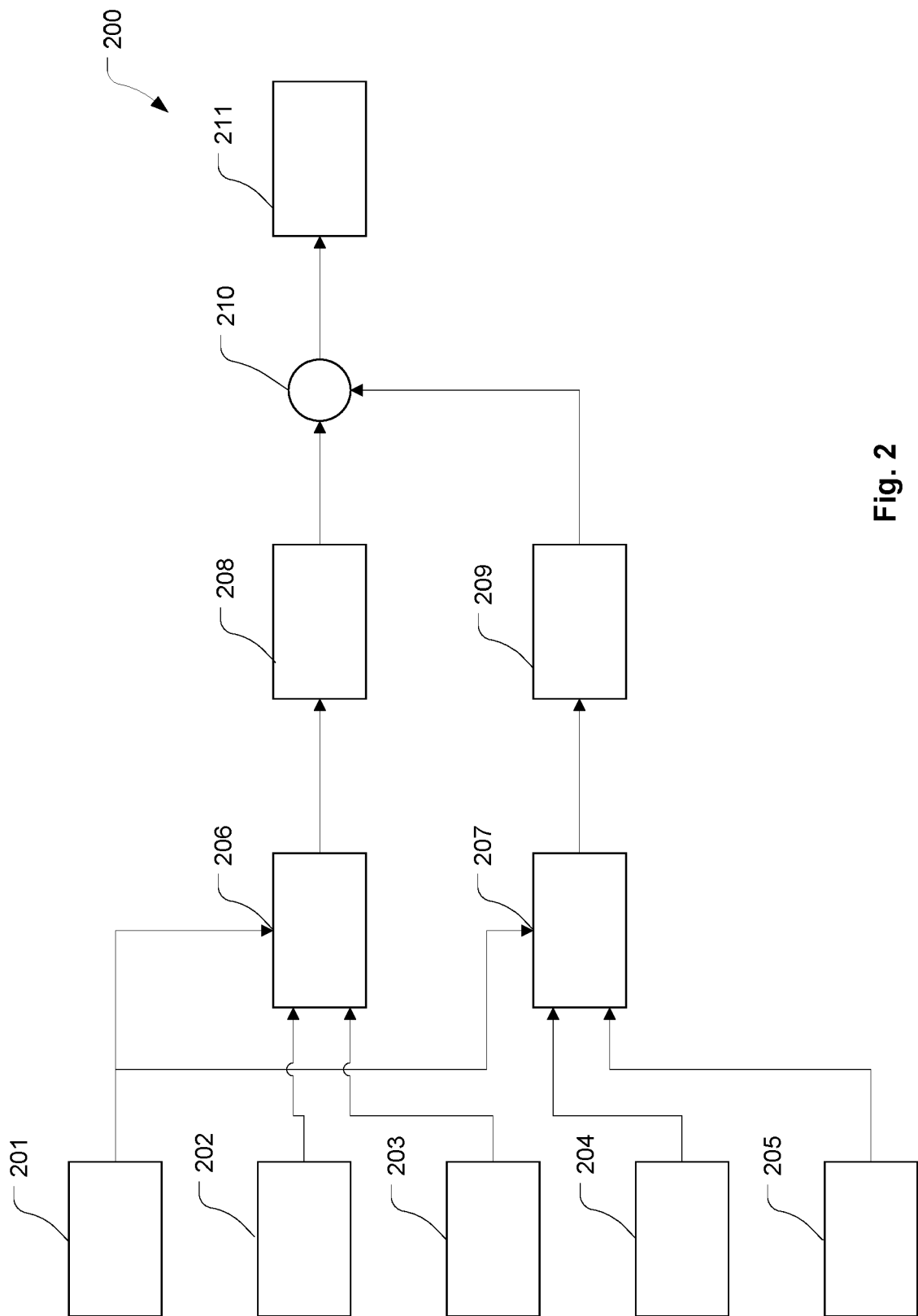


Fig. 2

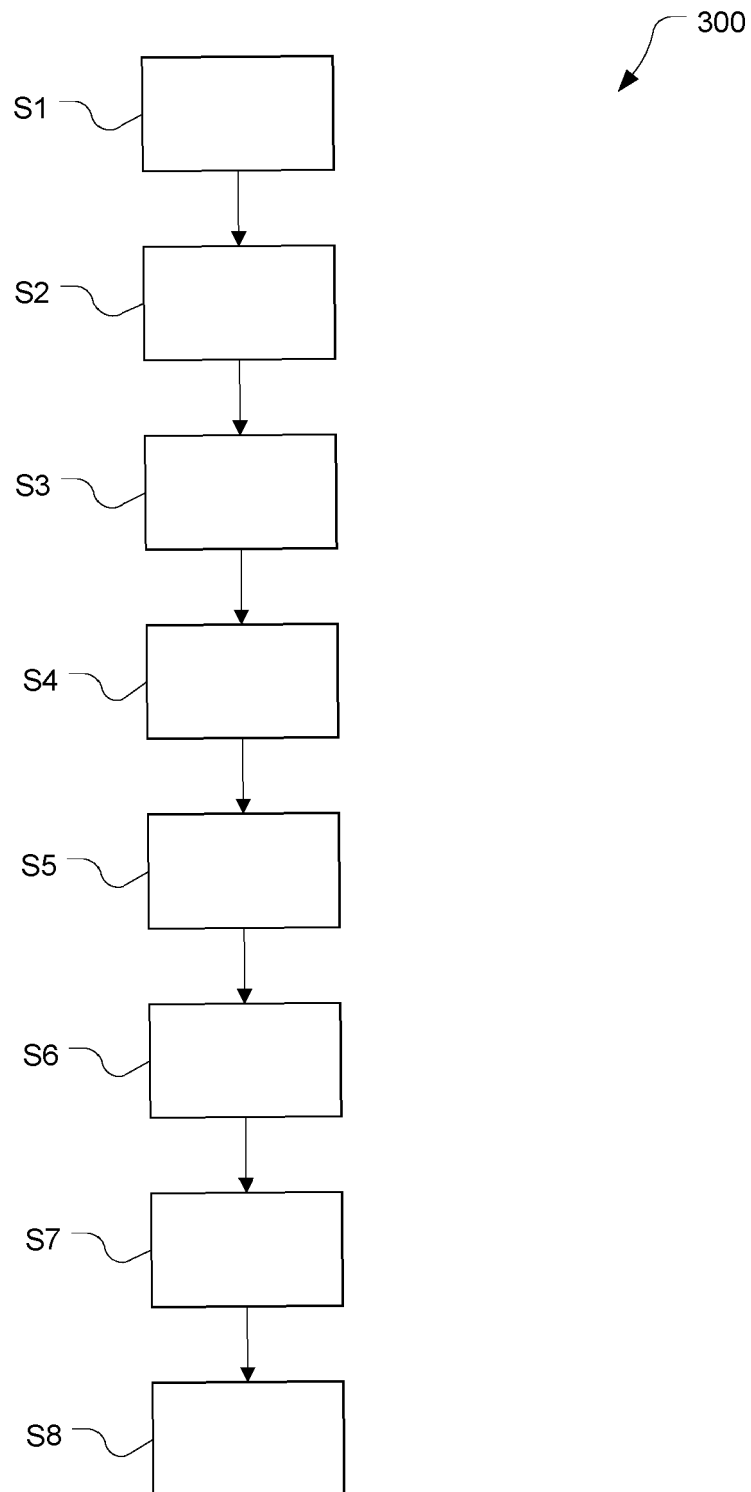


Fig. 3

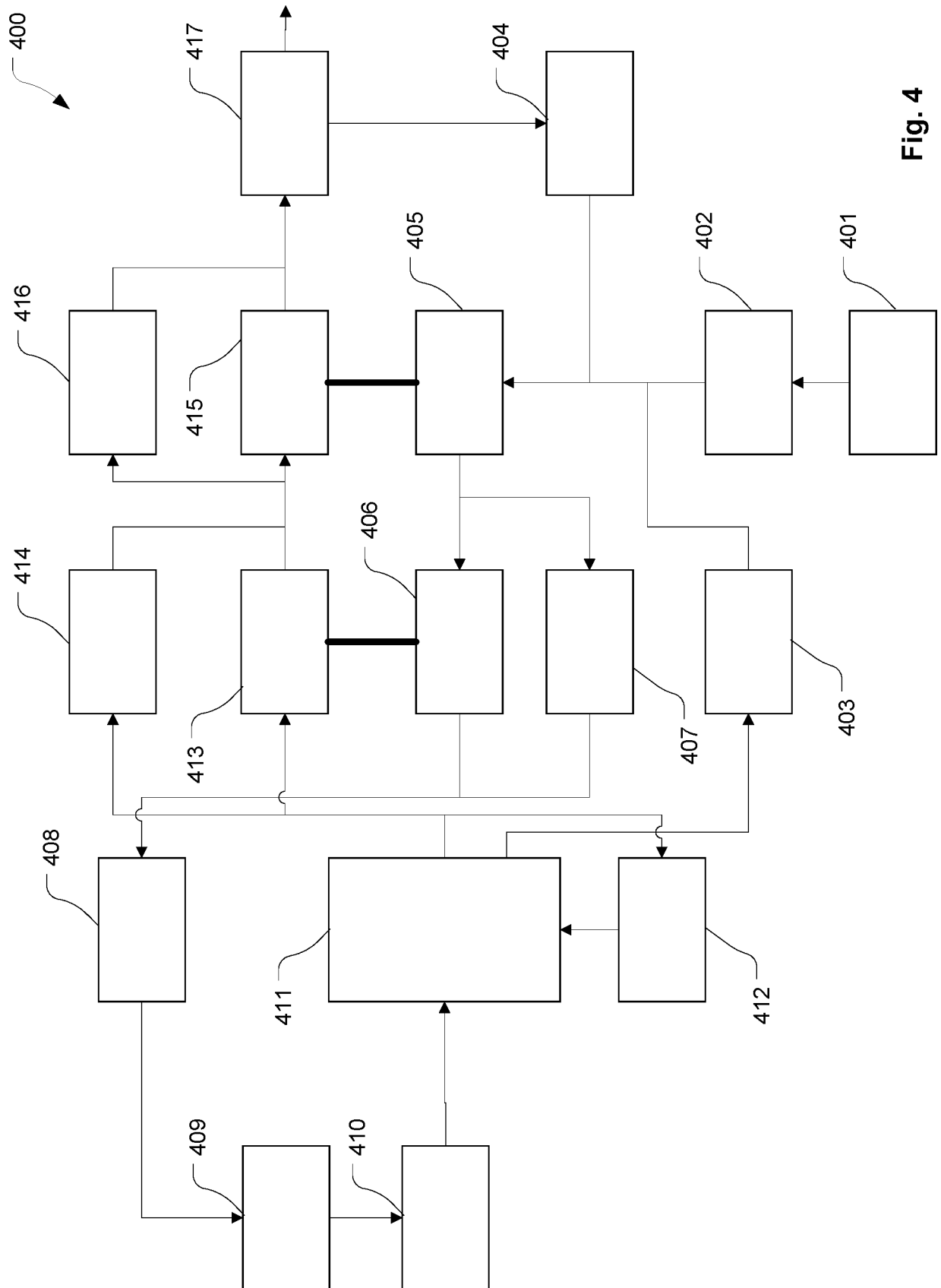


Fig. 4

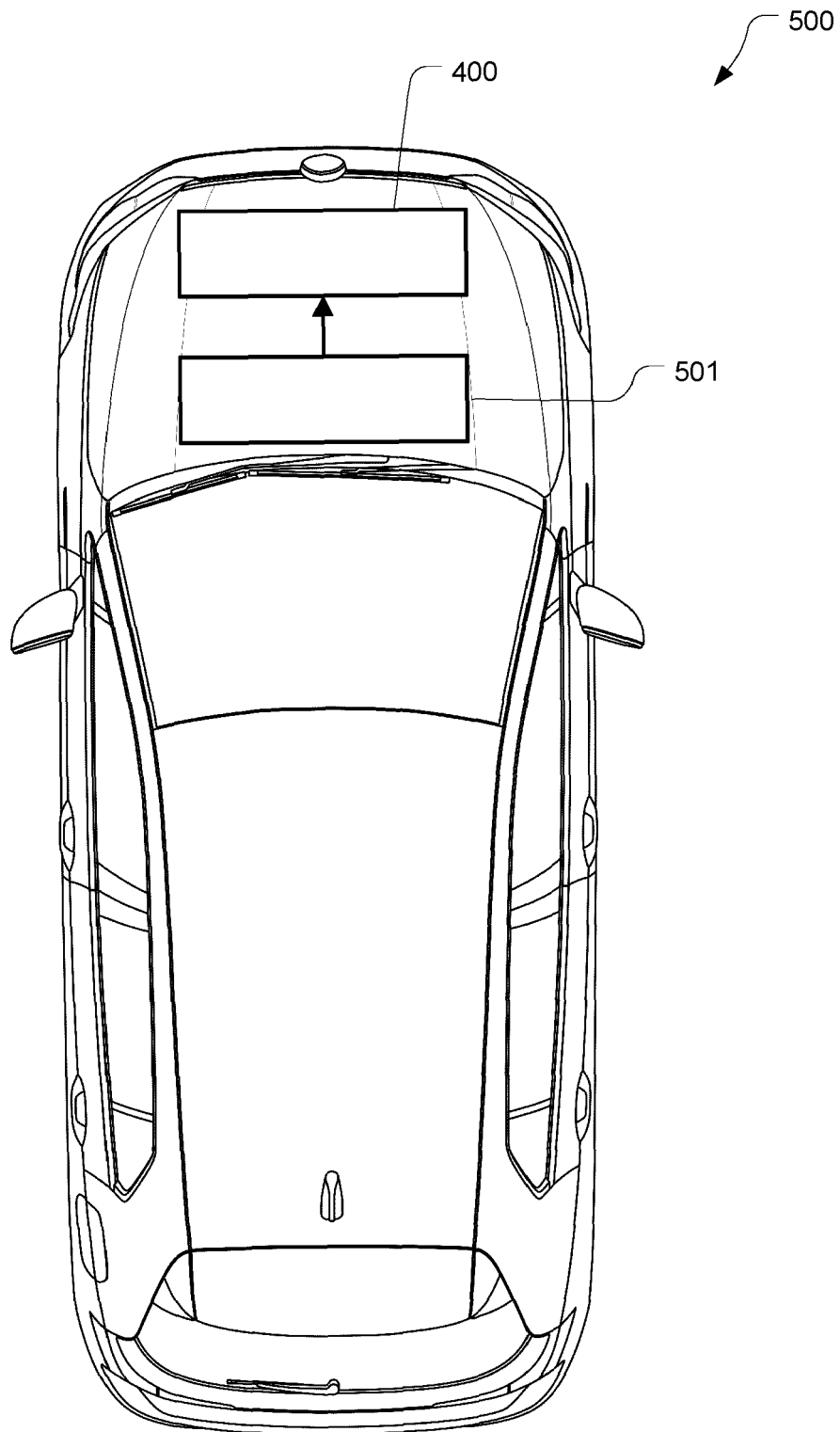


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 17 6596

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	DE 10 2012 200788 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 16. August 2012 (2012-08-16)	1,2,4-10	INV.
A	* Zusammenfassung *	3	F02D41/14
	* Absatz [0007] *		F02D41/22
	* Absatz [0036] - Absatz [0038] *		
	* Absatz [0050] *		

Y	US 2008/040085 A1 (WANG JUNMIN [US]) 14. Februar 2008 (2008-02-14)	1,2,4-10	
A	* Zusammenfassung; Abbildung 1 *	3	
	* Absatz [0029] *		
	* Absatz [0074] - Absatz [0079] *		

A	US 2009/071148 A1 (SHU YONG [US] ET AL) 19. März 2009 (2009-03-19)	1-10	
	* Zusammenfassung; Abbildung 3 *		
	* Absatz [0031] - Absatz [0034] *		

A	EP 2 816 208 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 24. Dezember 2014 (2014-12-24)	1-10	
	* Zusammenfassung; Abbildung 8 *		
	* Absatz [0084] - Absatz [0089] *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		11. Oktober 2024	Van der Staay, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet			
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie			
A : technologischer Hintergrund			
O : nichtschriftliche Offenbarung			
P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze			
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist			
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument			
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument			
& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 24 17 6596

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

11-10-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102012200788 A1	16-08-2012	CN 102635436 A	15-08-2012
			DE 102012200788 A1	16-08-2012
			GB 2487952 A	15-08-2012
			RU 2012104736 A	20-08-2013
			US 2012204560 A1	16-08-2012

	US 2008040085 A1	14-02-2008	KEINE	

20	US 2009071148 A1	19-03-2009	KEINE	

	EP 2816208 A1	24-12-2014	EP 2816208 A1	24-12-2014
			JP 5935813 B2	15-06-2016
			JP WO2013121517 A1	11-05-2015
25			WO 2013121517 A1	22-08-2013

30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102017212280 A1 [0005]