

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50665/2022
(22) Anmeldetag: 31.08.2022
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2024

(51) Int. Cl.: **F02B 39/10** (2006.01)
F02B 37/12 (2006.01)
F02D 13/02 (2006.01)
F02F 1/24 (2006.01)
F01N 13/10 (2010.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102016201166 B3
US 2019101047 A1
DE 102006000237 A1
DE 102017220404 A1
EP 3421762 A2
DE 102016115125 A1
DE 202015101924 U1
DE 102016213386 A1

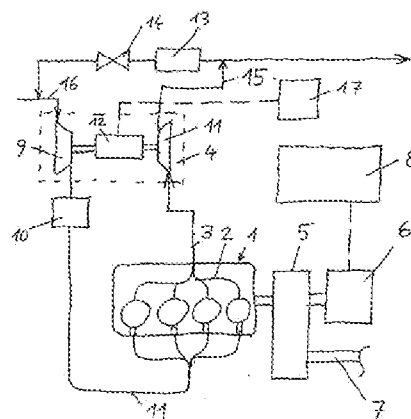
(71) Patentanmelder:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
Kapus Paul Dr.
8111 Judendorf-Straßengel (AT)
Prevedel Kurt Ing.
8041 Graz (AT)

(74) Vertreter:
BABELUK Michael Dipl.-Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1) mit innerer Verbrennung und Fremdzündung mit einem im Zylinderkopf integrierten Abgaskrümmmer (2) und mit einem Abgasturbolader (4), der mit einer elektrischen Maschine (12) in Verbindung steht. Ein hoher Wirkungsgrad kann dadurch erreicht werden, dass im integrierten Abgaskrümmmer (2) eine Wärmeisolation vorgesehen ist. Die Erfindung betrifft auch ein Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Brennkraftmaschine (1) und ein Verfahren zur Regelung eines derartigen Antriebssystems.



Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1) mit innerer Verbrennung und Fremdzündung mit einem im Zylinderkopf integrierten Abgaskrümmmer (2) und mit einem Abgasturbolader (4), der mit einer elektrischen Maschine (12) in Verbindung steht. Ein hoher Wirkungsgrad kann dadurch erreicht werden, dass im integrierten Abgaskrümmmer (2) eine Wärmeisolation vorgesehen ist. Die Erfindung betrifft auch ein Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Brennkraftmaschine (1) und ein Verfahren zur Regelung eines derartigen Antriebssystems.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung und Fremdzündung mit einem im Zylinderkopf integrierten Abgaskrümmern und mit einem Abgasturbolader, der mit einer elektrischen Maschine in Verbindung steht.

Es ist seit langer Zeit bekannt, dass der Wirkungsgrad und die Leistung von Brennkraftmaschinen durch Aufladung mit einem Abgasturbolader verbessert werden können. Bei der Auslegung solcher Abgasturbolader besteht typischerweise ein Zielkonflikt zwischen hohem Wirkungsgrad und großer Leistung auf einer Seite und schnellem Ansprechverhalten auf der anderen Seite. Eine Möglichkeit, eine Verbesserung in beiden Aspekten zu bewirken besteht darin, einen so genannten E-Turbo einzusetzen. Dabei ist eine elektrische Maschine vorgesehen, die bei Bedarf den Abgasturbolader antreibt, wenn nicht ausreichend Leistung an der Turbine zur Verfügung steht. Umgekehrt kann bei höheren Drehzahlen elektrische Maschine als Generator betrieben werden, um Strom zur Aufladung einer Batterie zu erzeugen.

Aus der DE 10 2016 115 125 A oder der DE 20 2015 101 924 U sind solche aufgeladenen Brennkraftmaschinen mit einem E-Turbo bekannt. Es ist auch bekannt, den Abgaskrümmern im Zylinderkopf zu integrieren, was es ermöglicht, den Abgasturbolader in unmittelbarer Nähe des Zylinderkopfs anzuordnen. Ein allgemein bekannter Vorteil des integrierten Abgaskrümmers besteht jedoch darin, die Abgase während der Durchströmung des gekühlten Zylinderkopfs abzukühlen und damit die Einhaltung vorgegebener Temperaturgrenzwerte in der Abgasturbine zu gewährleisten.

Die vorliegende Erfindung geht von einer Brennkraftmaschine der oben beschriebenen Art aus. Solche Brennkraftmaschinen haben ein sehr gutes Ansprechverhalten, werden aber immer noch als verbesserungsfähig im Hinblick auf ihre Effizienz wahrgenommen. Insbesondere ist es schwierig, in einem gesamten Fahrzyklus eine ausreichende Menge an elektrischer Energie zu erzeugen, um den Verbrauch während des motorischen Betriebs auszugleichen.

Ein im Zylinderkopf integrierter Abgaskrümmmer bedeutet, dass die Auslasskanäle mehrerer Zylinder direkt, insbesondere ohne Zwischenschaltung eines separaten Sammlerbauteils in den Eintrittsbereich eines Turboladers münden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und eine Brennkraftmaschine anzugeben, die eine hohe Effizienz aufweist und deren elektrische Maschine gleichzeitig über einen typischen Fahrzyklus hinweg mindestens so viel elektrischen Strom erzeugt wie verbraucht. Die Brennkraftmaschine soll insbesondere für Hybridantriebe besonders geeignet sein und einen einfachen und kostengünstigen Aufbau aufweisen. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug mit hohem Wirkungsgrad zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus ist eine weitere Aufgabe, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine anzugeben, mit denen ein E-Turbo optimal eingesetzt werden kann.

Erfindungsgemäß ist im integrierten Abgaskrümmmer eine Wärmeisolation vorgesehen. Es ist auf diese Weise möglich, aufgrund der höheren Temperaturen des Abgases in weiten Bereichen des Kennfelds eine höhere Energieausbeute an der Turbine des Abgasturboladers zu erzielen, ohne den Ladungswechsel des Motors dabei unzulässig nachteilig zu belasten.

Gleichzeitig ermöglicht es der integrierte Abgaskrümmmer, die Strömungswege des Abgases sehr kurz zu halten, was vorteilhaft sowohl für den Wärmeverlust als auch für das Ansprechverhalten des Turboladers und damit der Brennkraftmaschine ist.

Es ist an sich bekannt, eine thermische Isolation an einem Abgaskrümmmer vorzusehen, um die Temperatur am Abgasturbolader zu erhöhen. Eine solche Lösung wird beispielsweise in der DE 10 2016 213 386 A beschrieben. Dabei wird die Isolierung allerdings an einem externen Abgaskrümmmer vorgesehen und ist in aufwändiger Weise schaltbar ausgestaltet.

Bei der vorliegenden Erfindung wird jedoch bewusst die Abkühlung der Abgase durch das Kühlmedium im Zylinderkopf stark reduziert, wobei jedoch gleichzeitig eine Überhitzung der Abgasturbine durch verschiedene temperatursenkende Maßnahmen der Motorsteuerung und Regelung vermieden wird. Eine typische Reduktion der ansonsten bei einem integrierten Abgaskrümmmer üblichen Wärmeabgabe an das Kühlmittel liegt in einem Bereich zwischen 20% bis 50%.

Eine solche temperatursenkende Maßnahme ist eine abgesenkte Vollastlinie, was bedeutet, dass der effektive Mitteldruck in Abhängigkeit von der Motordrehzahl gegenüber einem theoretisch möglichen Wert auf einen geringeren Grenzwert begrenzt wird. Dies verringert zwar die Höchstleistung der Brennkraftmaschine, ist aber insbesondere bei sogenannten Dedicated Hybrid Engines, also dezidierten Hybridmotoren tolerierbar ist.

Eine andere sehr wirkungsvolle Maßnahme ist es, ein besonders hohes Verdichtungsverhältnis in Zusammenhang mit einem alternativen Verbrennungsverfahren vorzusehen. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung bieten sich hierbei insbesondere der Miller-Zyklus und der Atkinson-Zyklus an. Beim Miller-Zyklus wird das Einlassventil im Ansaugtakt vor Erreichen des unteren Totpunkts geschlossen, so dass die Ladeluftmenge begrenzt wird. Dadurch kann die Brennkraftmaschine mit einem als Expansionsverhältnis voll wirksamen sehr hohen geometrischen Verdichtungsverhältnis betrieben werden, ohne während der Gemischverdichtung die Klopfgrenze zu erreichen. Beim Atkinson-Zyklus wird das Einlassventil erst nach dem unteren Totpunkt geschlossen, wodurch ein Teil der Zylinderladung wieder in den Ansaugtrakt zurückfließt, was im Endeffekt eine ähnliche Wirkung hat. Die außerordentlich hohe Expansion im Verbrennungs- und Arbeitstakt äußert sich durch eine vergleichsweise niedrige End- bzw. Abgastemperatur.

Eine weitere Maßnahme in diesem Zusammenhang ist eine externe Abgasrückführung, die vorzugsweise als Niederdruckabgasrückführung ausgebildet ist.

Bevorzugt werden diese Maßnahmen miteinander kombiniert und miteinander abgestimmt. So kann beispielsweise die Menge des rückgeführten Abgases bei der Ventilverstellung berücksichtigt werden. Insbesondere beim Miller-Zyklus und beim Atkinson-Zyklus kann dabei die Zylinderfüllung gut eingestellt werden.

Insgesamt hat sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung das Vorsehen eines relativ großen Abgasturboladers bewährt, da auf diese Weise ein Verdichterwirkungsgrad von mehr als 70% bis etwa 75% erzielt werden kann.

In einer ersten bevorzugten Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung ist die Wärmeisolation als isolierende Beschichtung ausgeführt. Eine solche Beschichtung beispielsweise aus einem geeigneten Keramikmaterial hergestellt

werden. Die Schicht kann aufgespritzt sein, als Email- oder Schlickerschicht aufgebracht sein oder auch als vorgefertigte Schalenstruktur vor oder nach dem Gießprozess eingebracht sein, beispielsweise in der Form von Prepregs.

Eine alternative Ausführungsvariante vor, dass die Wärmeisolation als isolierender Einsatz ausgeführt ist. Ein sich über den Großteil der Länge des Einsatzes erstreckender Luftspalt isoliert das Abgas gegenüber dem gekühlten Zylinderkopf. Es kann ein isolierender Einsatz auch nur in einem Teil der Kanäle des Krümmers vorgesehen sein, auch wenn dadurch die erzielte Wirkung beschränkt ist.

Die Erfindung betrifft auch ein Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine der oben beschriebenen Art und mindestens einer weiteren elektrischen Maschine, die das Kraftfahrzeug alternativ oder zusätzlich zur Brennkraftmaschine antreibt. Es handelt sich also um ein Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb, bei dem die Brennkraftmaschine in den allermeisten Betriebspunkten in einem verbrauchsoptimalen Bereich betrieben oder eben ganz weggeschaltet werden kann. Insbesondere ermöglicht es das Hybridkonzept, eine abgesenkte Vollastkennlinie des Verbrennungsmotors zu realisieren, was wiederum für eine wirkungsgradgünstige Maximierung des Verdichtungsverhältnisses förderlich ist. Auf diese Weise können die bei der Aufladung erzielten Verbrauchsvorteile tatsächlich realisiert werden und gleichzeitig kann eine thermische Überbeanspruchung des Abgasturboladers vermieden werden.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zur Regelung eines oben beschriebenen Antriebssystems mit einer Brennkraftmaschine, bei dem die Leistung der elektrischen Maschine primär aufgrund einer Differenz zwischen einer Turboladersolldrehzahl und einer Turboladeristdrehzahl bestimmt wird.

Primär soll in diesem Zusammenhang bedeuten, dass es für die Leistung der elektrischen Maschine auch andere Einflussgrößen geben kann, wie etwa den Ladezustand der Batterie, und dass selbstverständlich Randbedingungen eingehalten werden müssen, wie eine maximal zulässige Leistung der elektrischen Maschine. Als Leistung der elektrischen Maschine wird hier sowohl die Antriebsleistung im Fall des Motorbetriebs als auch die Bremsleistung im Fall des Generatorbetriebs verstanden.

Es hat sich herausgestellt, dass ein solches Regelkonzept besonders gut geeignet ist, hocheffiziente Hybridmaschinen mit elektrischem Turbolader zu betreiben. Dabei wird die jeweilige Turboladersolldrehzahl bevorzugt aus einem Kennfeld primär in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine und vom Sollladedruck bestimmt. Auch hier kann es neben dem erwähnten Kennfeld weitere Faktoren geben, nämlich insbesondere im längerfristigen Bereich, um beispielsweise einen dauerhaften Betrieb der elektrischen Maschine mit hoher Leistung zu vermeiden.

Es ist auch vorteilhaft, wenn eine VTG-Stellung aus einem Kennfeld primär in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine und vom Sollladedruck bestimmt wird. Es kann aber auch die VTG-Stellung zur Durchführung von längerfristigen Korrekturen benutzt werden, um die Lade/Entlade-Bilanz der Batterie z.B. durch den generatorischen Betrieb des elektrifizierten Abgasturboladers im Gleichgewicht zu halten.

Durch die besondere Ausgestaltung des Antriebssystems ist es insbesondere möglich, eine Optimierung des Gesamtwirkungsgrads dadurch zu erreichen, dass der Ladezustand der Hybridbatterie bei der Regelung des Abgasturboladers berücksichtigt wird. Ist beispielsweise der aktuelle Ladezustand über einem bestimmten Grenzwert, dann kann eine erhöhte Drehmomentanforderung primär über die weitere elektrische Maschine des Hybridantriebs erfolgen und es ist nicht erforderlich, den Abgasturbolader elektrisch zu beschleunigen. Bei geringem Ladezustand kann hingegen durch entsprechende Ansteuerung der elektrischen Maschine des Abgasturboladers schnell Drehmoment aufgebaut werden.

Zusätzlich dazu ist es auch vorteilhaft, wenn bei der Regelung der elektrischen Maschine der Ladzustand einer elektrischen Batterie berücksichtigt wird, die die elektrische Maschine versorgt.

In einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Turbine des Abgasturboladers ständig mit dem Vollstrom des Abgases betrieben wird. Damit sind keine Regelungsorgane für die abgasseitige Beaufschlagung der Turbine erforderlich und die Leistungsregelung des Abgasturboladers obliegt allein der motorisch und generatorisch arbeitenden Elektromaschine des Abgasturboladers, was den Aufwand verringert.

Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Leistung der Turbine des Abgasturboladers über ein VTG-System oder über ein Wastegate gesteuert wird. Die Steuerung erfolgt über Kennfelder und nicht über einen geschlossenen Regelkreis, d.h., dass über die Kennfelder jedem Betriebspunkt eine bestimmte Stellung des Wastegates oder der Leitschaufeln des VTG-Mechanismus zugewiesen wird. Damit kann eine erhöhte Flexibilität bei der Auslegung der Komponenten und eine wesentlich erleichterte Abstimmung der Regelung erreicht werden, da auf diese Weise nur die Leistung der elektrischen Maschine des Abgasturboladers geregelt wird und nicht zwei parallele Regelkreise vorgesehen sind, die gemeinsam abgestimmt werden müssen.

Es ist auch günstig, wenn eine Abgasrückführung (AGR) vorgesehen ist, die vorzugsweise als Niederdruckabgasrückführung ausgebildet ist. Die AGR-Menge wird ebenfalls über Kennfelder bestimmt, insbesondere unter Berücksichtigung von Temperatur und Druck. Der Druck wird dabei vor und nach dem AGR-Ventil gemessen. Zusammen mit der Durchflusscharakteristik des AGR-Ventils kann die AGR-Menge an die Soll-AGR-Menge angepasst werden.

Bei Verwendung von Abgasrückführung steigt der Ladedruckbedarf. Insbesondere wird das Wastegate bzw. der VTG-Mechanismus so verstellt, dass der zusätzliche Ladedruckbedarf der AGR durch Schließen des Wastegates bzw. Schließen des VTG Verstellmechanismus berücksichtigt wird. Die Steuerzeit wird so verstellt, dass die Zylinderfüllung an den Bedarf bei AGR angepasst wird. Bei AGR wird im Fall eines Miller-Zyklus ein späterer Einlassschluss gewählt, bei einem Atkinson-Zyklus ein früherer. Auch eine Korrektur des gewünschten generatorischen bzw. motorischen Betriebs der elektrischen Maschine des Abgasturboladers kann so durchgeführt werden.

Um längerfristige Änderungen im Verhalten des Abgasturboladers oder anderer Komponenten auszugleichen, kann eine adaptive Regelung der elektrischen Maschine durch Messung mindestens einer Größe aus einer Gruppe vorgenommen werden, die die Drehzahl des Abgasturboladers, den Ladedruck, die Ladelufttemperatur und den Strom an der elektrischen Maschine sowie den Ladezustand einer Batterie im Antriebsstrang Hybridbatterie umfasst. Dabei werden über einen längeren Zeitraum bestehende Regelabweichungen erfasst und gegebenenfalls Regelparameter angepasst.

In der Folge wird die vorliegende Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Die Figuren zeigen:

- Fig. 1 ein Diagramm, in dem die einzelnen Komponenten eines erfindungsgemäßen Antriebssystems dargestellt sind;
- Fig. 2 und 3 Kennfelder, die den Betrieb der Brennkraftmaschine samt Abgasturbolader erklären; und
- Fig. 4 ein Diagramm, das das Regelungsverhalten erklärt.

Fig. 1 zeigt ein Antriebssystem für ein Hybrid-Kraftfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine 1 mit einem im Zylinderkopf integrierten Abgaskrümmen 2, der über eine Abgasleitung 3 mit einem Abgasturbolader 4 in Verbindung steht. Die Brennkraftmaschine 1 ist über ein Getriebe 5 mit einer weiteren elektrischen Maschine 6 verbunden, um alternativ oder gemeinsam Drehmoment an eine Antriebswelle 7 abgeben. Die vorliegende Erfindung grundsätzlich auf alle Arten von Hybridantrieb anwendbar, also nicht nur parallele Hybride wie dargestellt, sondern auch beispielsweise auf serielle Hybride.

Die weitere elektrische Maschine 6 wird über eine Hybridbatterie 8 versorgt und lädt diese im Generatorbetrieb auf.

Der Abgasturbolader 4 besitzt einen Verdichter 9, der über einen Ladeluftkühler 10 Ansaugluft verdichtet der Brennkraftmaschine 1 zuführt. Eine Turbine 11 ist über die Abgasleitung 3 mit dem integrierten Abgaskrümmen 2 verbunden. Die Abgasleitung 3 ist möglichst kurz ausgeführt und kann auch entfallen, wenn die Turbine direkt an den Zylinderkopf angebaut ist. Auf der Welle von Verdichter 9 und Turbine 11 ist auch eine elektrische Maschine 12 angeordnet, die den Abgasturbolader 4 wahlweise antreibt oder als Generator Strom erzeugt.

Ein AGR-Kühler 13 und ein stromabwärts davon angeordnetes AGR-Ventil 14 ermöglichen es, Abgas aus einer Abgasleitung 15 stromabwärts der Turbine 11 in eine Ansaugleitung 16 stromaufwärts des Verdichters 9 einzuspeisen.

Die elektrische Maschine 12 wird von einer elektrischen Batterie 17 mit Strom versorgt. Dabei kann es sich um eine 12 V oder 48 V Bordbatterie handeln, es ist aber auch möglich, die Funktionen der elektrischen Batterie 17 und der Hybridbatterie 8 in einer einzigen Batterie zu kombinieren.

In Fig. 2 ist auf der waagrechten Achse die Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 in 1/min aufgetragen und auf der senkrechten Achse der effektive Mitteldruck in bar. Eine obere Begrenzungslinie 20 stellt die maximale Last in Abhängigkeit von der Drehzahl dar, die aufgrund der Auslegung der Brennkraftmaschine 1 möglich ist. Als dezidierte Hybridmaschine wird die Last jedoch stärker begrenzt, nämlich auf einen Bereich, der nach oben durch eine weitere Begrenzungslinie 21 (Pfeil 22) limitiert ist. Diese weitere Begrenzungslinie 21 stellt auch ungefähr die obere Grenze des Bereichs mit dem besten Wirkungsgrad dar.

Auch die Drehzahl der als dezidierte Hybridmaschine ausgelegten Brennkraftmaschine 1 ist mit etwa 5000 1/min (Linie 25) gegenüber der technisch möglichen Drehzahl von 6000 1/min (Linie 24) begrenzt.

Durch die Regelung des Hybridantriebs wird versucht, Betriebspunkte unterhalb des Bereichs mit dem besten Wirkungsgrad nach Möglichkeit zu vermeiden (Bereich 26, Pfeil 30).

In Fig. 3 ist das Diagramm von Fig. 2 mit den Betriebsbereichen des Abgasturboladers 4 dargestellt. Im unteren Drehzahlbereich sind die Betriebspunkte angesiedelt, in denen die elektrische Maschine 12 den Abgasturbolader 4 antreibt (Bereich 27). Bei höheren Drehzahlen arbeitet die elektrische Maschine 12 im Generatorbetrieb (Bereich 28). Die Grenze zwischen den Bereichen 27 und 28 ist mit 29 gekennzeichnet. Im Bereich 32, der nach oben durch die Linie 31 begrenzt ist, ist der Abgasturbolader 4 nicht aktiv.

In Fig. 4 ist das Verhalten verschiedener Messgrößen in einem transienten Fahrzustand über der Zeit t dargestellt. Ausgangspunkt ist eine Erhöhung der Drehmomentanforderung durch eine Betätigung des Fahrpedals, was aus dem Anstieg der Kurve 36 ersichtlich ist, die die vom Fahrer gewählte Fahrpedalstellung angibt.

Im Ergebnis steigt letztlich die Last, also der effektive Mitteldruck (Kurve 37), während sich die Drehzahlen der weiteren elektrischen Maschine 6 (Turboladeristdrehzahl, Kurve 38) und die Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 (Kurve 39) wenig verändern.

Genauer betrachtet steigt als Folge der erhöhten Drehmomentanforderung zunächst die Turboladersolldrehzahl (Kurve 40), der dann die

Turboladeristdrehzahl (Kurve 41) durch die Regelung nachgeführt wird. Dies wird wiederum durch eine Steigerung der Leistung der elektrischen Maschine (Kurve 42) bewirkt.

Aus dem Diagramm ist auch ersichtlich, dass der Sollladedruck (Kurve 43), stärker bzw. früher ansteigt als der Istladedruck (Kurve 44), was durch einen Korrekturfaktor (Kurve 45) berücksichtigt wird, der bei der Berechnung der erforderlichen Leistung der elektrischen Maschine (12) eingerechnet wird.

Ein weiterer VTG-Korrekturwert, der durch die Kurve 46 angedeutet ist, ist dazu vorgesehen, durch eine Veränderung der VTG-Stellung (Kurve 47) die Leistung der elektrischen Maschine innerhalb eines gewünschten Korridors zu halten, der sich aus den Maximalleistungen für Motor- bzw. Generatorbetrieb und dem Ladezustand der Batterie ergibt. Bei der in Fig. 4 dargestellten Situation liegt keine Korrektur der VTG-Stellung vor.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, Hybridantriebe mit besonders hohem Gesamtwirkungsgrad darzustellen.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Brennkraftmaschine (1) mit innerer Verbrennung und Fremdzündung mit einem im Zylinderkopf integrierten Abgaskrümmmer (2) und mit einem Abgasturbolader (4), der mit einer elektrischen Maschine (12) in Verbindung steht, dadurch gekennzeichnet, dass im integrierten Abgaskrümmmer (2) eine Wärmeisolation vorgesehen ist.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeisolation als isolierende Beschichtung ausgeführt ist.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeisolation als isolierender Einsatz ausgeführt ist.
4. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) ein hohes geometrisches Verdichtungsverhältnis aufweist, das vorzugsweise größer ist als 13 und besonders bevorzugt zwischen 14 und 16 liegt.
5. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) eine Ventilsteuerung aufweist, die auf einen Miller- oder Atkinson-Zyklus ausgelegt ist.
6. Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und mindestens einer weiteren elektrischen Maschine (6), die das Kraftfahrzeug alternativ oder zusätzlich zur Brennkraftmaschine (1) antreibt.
7. Verfahren zur Regelung eines Antriebssystems nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistung der elektrischen Maschine (12) primär aufgrund einer Differenz zwischen einer Turboladersolldrehzahl und einer Turboladeristdrehzahl bestimmt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Turboladersolldrehzahl aus einem Kennfeld primär in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) und vom Sollladedruck bestimmt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine VTG-Stellung aus einem Kennfeld primär in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) und vom Sollladedruck bestimmt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) gemäß einem Miller-Zyklus betrieben wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) gemäß einem Atkinson-Zyklus betrieben wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Turbine (11) des Abgasturboladers (4) ständig mit dem Vollstrom des Abgases betrieben wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abgasrückführung vorgesehen ist, die vorzugsweise als Niederdruckabgasrückführung ausgebildet ist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine adaptive Regelung der elektrischen Maschine (12) durch Messung mindestens einer Größe aus einer Gruppe vorgenommen wird, die die Drehzahl des Abgasturboladers (4), den Ladedruck, die Ladelufttemperatur und den Strom an der elektrischen Maschine (12) sowie den Ladezustand einer Hybridbatterie (8) umfasst.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Regelung der elektrischen Maschine (12) der Ladezustand einer elektrischen Batterie (17) berücksichtigt wird, die die elektrische Maschine (12) versorgt.

31.08.2022

BA/iv

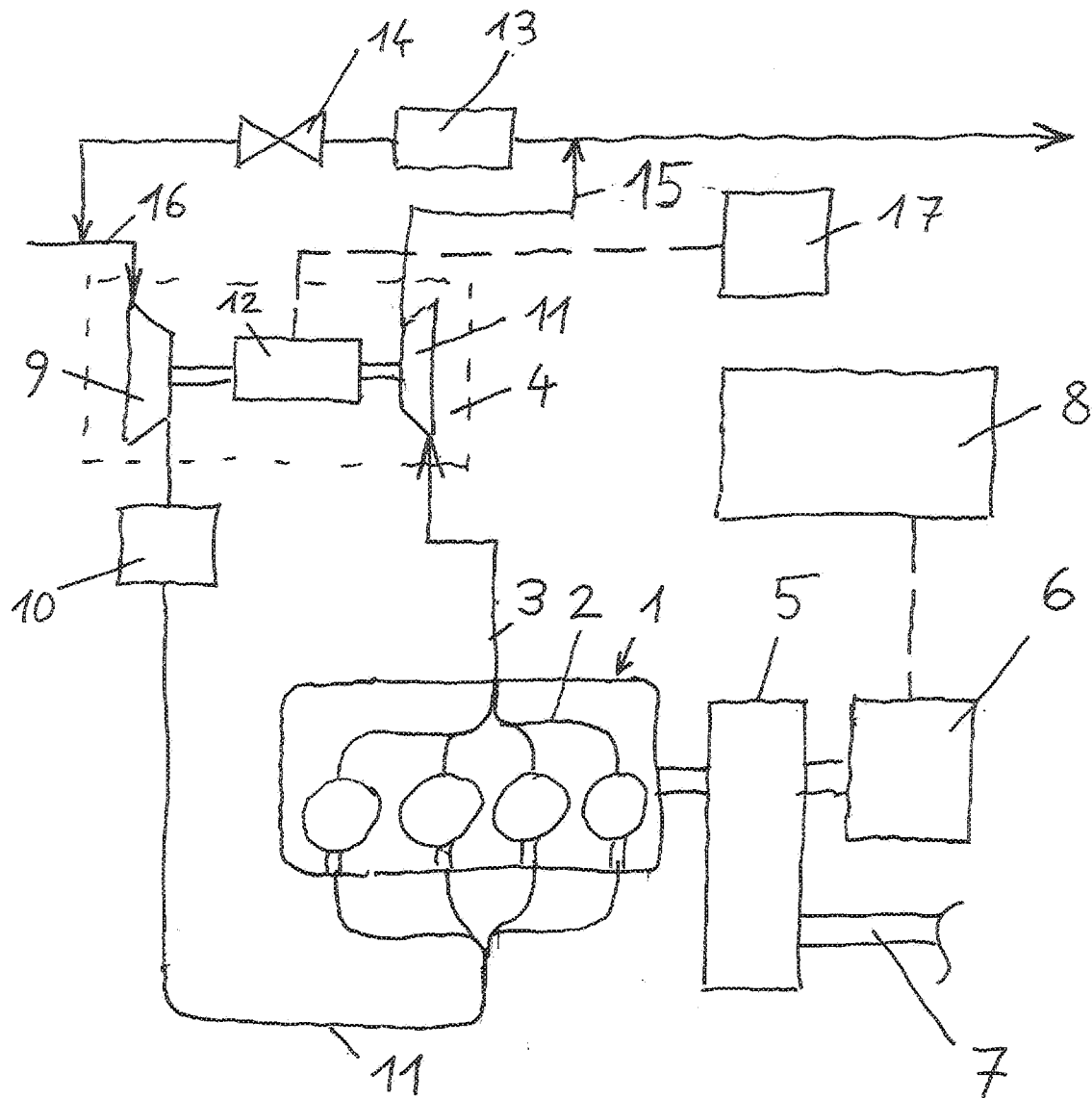
Fig. 1

Fig. 2

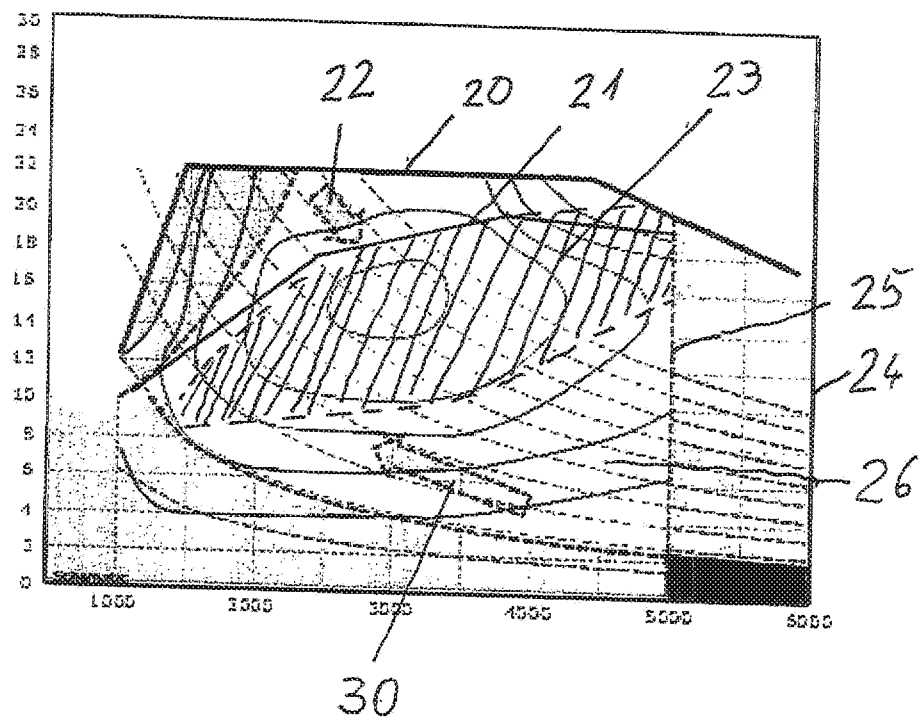


Fig. 3

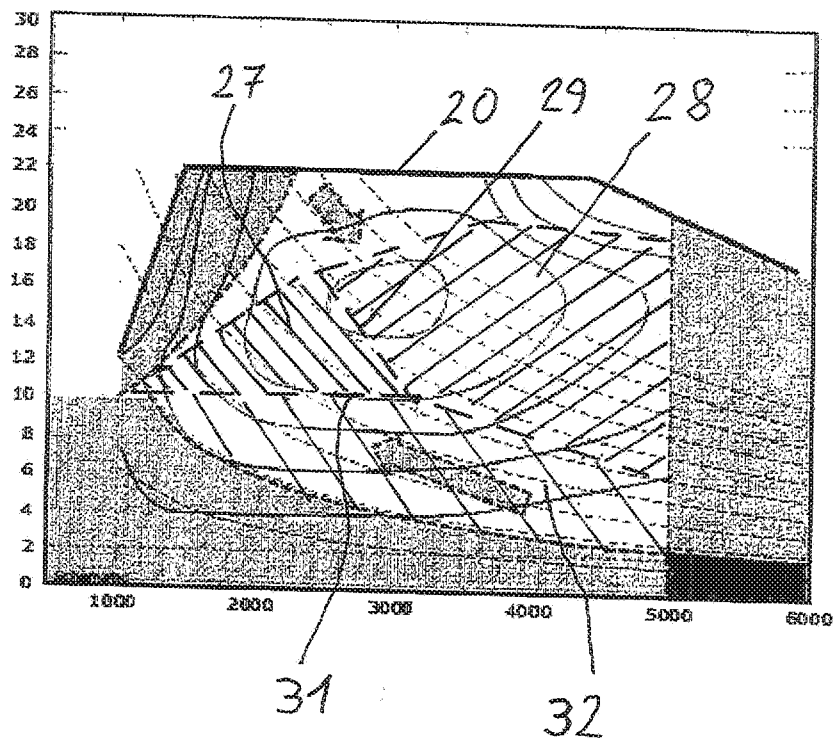
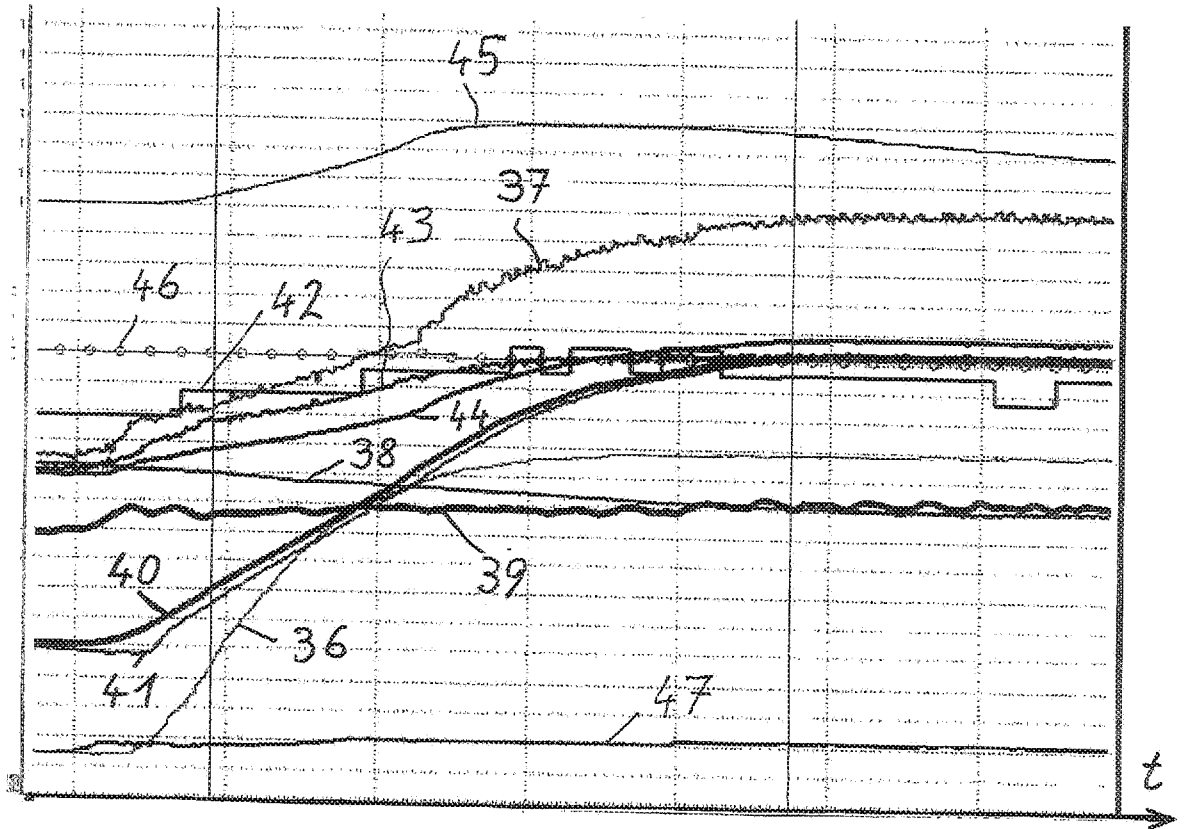


Fig. 4



P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Brennkraftmaschine (1) mit innerer Verbrennung und Fremdzündung mit einem im Zylinderkopf integrierten Abgaskrümmmer (2), in dem eine Wärmeisolation vorgesehen ist, und mit einem Abgasturbolader (4), dadurch gekennzeichnet, dass der Abgasturbolader (4) mit einer elektrischen Maschine (12) in Verbindung steht.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeisolation als isolierende Beschichtung ausgeführt ist.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeisolation als isolierender Einsatz ausgeführt ist.
4. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) ein hohes geometrisches Verdichtungsverhältnis aufweist, das vorzugsweise größer ist als 13 und besonders bevorzugt zwischen 14 und 16 liegt.
5. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) eine Ventilsteuerung aufweist, die auf einen Miller- oder Atkinson-Zyklus ausgelegt ist.
6. Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und mindestens einer weiteren elektrischen Maschine (6), die das Kraftfahrzeug alternativ oder zusätzlich zur Brennkraftmaschine (1) antreibt.
7. Verfahren zur Regelung eines Antriebssystems mit einer Brennkraftmaschine (1) mit innerer Verbrennung und Fremdzündung mit einem im Zylinderkopf integrierten Abgaskrümmmer (2), in dem eine Wärmeisolation vorgesehen ist, und mit einem Abgasturbolader (4), dadurch gekennzeichnet, dass der Abgasturbolader (4) mit einer elektrischen Maschine (12) in Verbindung steht und dass die Leistung der elektrischen Maschine (12) primär aufgrund einer Differenz zwischen einer Turboladersolldrehzahl und einer Turboladeristdrehzahl bestimmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Turboladersolldrehzahl aus einem Kennfeld primär in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) und vom Sollladedruck bestimmt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine VTG-Stellung aus einem Kennfeld primär in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) und vom Sollladedruck bestimmt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) gemäß einem Miller-Zyklus betrieben wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) gemäß einem Atkinson-Zyklus betrieben wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Turbine (11) des Abgasturboladers (4) ständig mit dem Vollstrom des Abgases betrieben wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abgasrückführung vorgesehen ist, die vorzugsweise als Niederdruckabgasrückführung ausgebildet ist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine adaptive Regelung der elektrischen Maschine (12) durch Messung mindestens einer Größe aus einer Gruppe vorgenommen wird, die die Drehzahl des Abgasturboladers (4), den Ladedruck, die Ladelufttemperatur und den Strom an der elektrischen Maschine (12) sowie den Ladezustand einer Hybridbatterie (8) umfasst.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Regelung der elektrischen Maschine (12) der Ladzustand einer elektrischen Batterie (17) berücksichtigt wird, die die elektrische Maschine (12) versorgt.

15.11.23

BA/iv