



(10) **DE 10 2014 204 232 A1** 2014.09.18

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 204 232.1**

(22) Anmeldetag: **07.03.2014**

(43) Offenlegungstag: **18.09.2014**

(51) Int Cl.: **F02D 23/00 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**13/829,648**      **14.03.2013**      **US**

(71) Anmelder:  
**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,  
US**

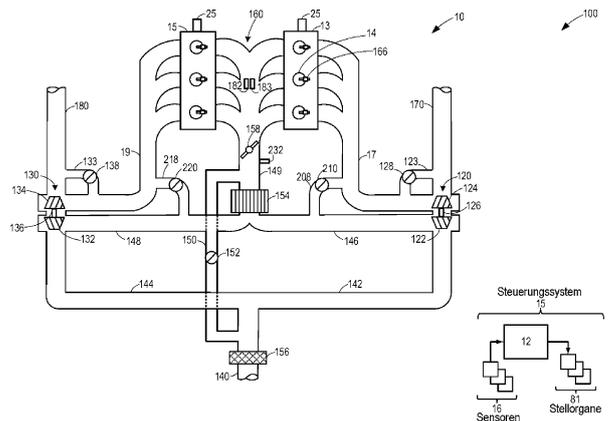
(74) Vertreter:  
**Drömer, Hans-Carsten, Dipl.-Phys. Dr.-Ing., 50735  
Köln, DE**

(72) Erfinder:  
**Jankovic, Mrdjan J., Birmingham, Mich., US;  
Buckland, Julia Helen, Commerce Township,  
Mich., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND SYSTEME ZUR AUFLADUNGSREGELUNG**

(57) Zusammenfassung: Es werden Verfahren und Systeme zum Verbessern des Aufladungsansprechens bereitgestellt. Ein stufenlos einstellbares Verdichter-Rückführventil und ein Ladedruckregelventil werden in komplementären Frequenzbändern eingestellt, um den Verdichterbetrieb von einer Druckstoßgrenze weg zu bewegen und Aufladungszufuhrfehler zu verringern. Eine Ansaugdrosselklappe wird ebenfalls gleichzeitig eingestellt, um Verteiler-Luftdurchflussmengenfehler auszugleichen, die sich aus den Ladedruckregelventil- oder Rückführventil-Einstellungen ergeben.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Anmeldung betrifft Verfahren und Systeme zum Abstimmen von Ladedruckregelventil-Aktionen mit Ansaugdrosselklappen- und Verdichter-Rückführungsventil-Aktionen, um die Aufladungsregelung zu verbessern.

**[0002]** Motorsysteme können mit Aufladungsvorrichtungen, wie beispielsweise Turboladern oder Ladern, konfiguriert sein, um eine aufgeladene Luftfüllung bereitzustellen und die Spitzen-Leistungsabgaben zu verbessern. Der Ladedruck kann durch die Aktionen von einem oder mehreren Aufladungsstellorganen, zum Beispiel ein über eine Abgasturbine gekoppeltes Ladedruckregelventil (wastegate – WG) und ein über einen Ansaugverdichter gekoppeltes Verdichter-Abblasventil (compressor surge valve – CSV), auf einen gewünschten Sollwert reguliert werden. Das Ladedruckregelventil reguliert den Ladedruck durch das Regeln des Abgasstroms über die Turbine, während das Verdichter-Abblasventil für gewöhnlich zur Behandlung des Verdichterpumpens verwendet wird. Jedes Stellorgan kann auf der Grundlage von Vorwärtskopplungs- und Rückkopplungskomponenten eingestellt werden.

**[0003]** Als ein Beispiel beeinflussen Ladedruckregelventil-Einstellungen den Ladedruck durch verhältnismäßig langsame Turboladerdynamik, während CSV-Einstellungen, ebenso wie Ansaugdrosselklappen-Einstellungen, den Ladedruck durch verhältnismäßig schnelle Dynamik beeinflussen. Auf Grund der unterschiedlichen Dynamik kann die Aktion der Ansaugdrosselklappe eine unmittelbare Auswirkung auf den Ladedruck haben und kann den Ladedruckregelventil-Regelkreis durcheinanderbringen. Im Ergebnis kann der Motor, zumindest zeitweise, in oder nahe einem harten oder weichen Druckstoßbereich arbeiten. Das Offenlassen des CSV (wenn es möglich ist, ohne die Motor-Drehmomentabgabe zu verschlechtern) kann Druckstoßneigungen abschwächen, kann aber zu erhöhten Abgasdrücken und gesteigerter Motorpumparbeit führen. Außerdem kann auf Grund der zusätzlichen Verdichterarbeit, die durch gesteigerte Turbinenarbeit ausgeglichen werden muss, die Kraftstoffwirtschaftlichkeit verschlechtert werden.

**[0004]** Die Erfinder des Vorliegenden haben festgestellt, dass einige der obigen Probleme durch ein Verfahren für ein aufgeladenes Motorsystem behandelt werden können, wobei das Verfahren Folgendes umfasst: das gleichzeitige Einstellen sowohl eines Ladedruckregelventils als auch eines Verdichter-Rückführungsventils (compressor recirculation valve – CCRV) und einer Ansaugdrosselklappe, um einen gewünschten Ladedruck und Verteiler-Luftdurchfluss bereitzustellen. Auf diese Weise wird, durch das Betätigen des CCRV-Stellorgans in Abstimmung mit der Ansaugdrosselklappe und dem Ladedruckregelventil, eine schnellere und genauere Regulierung des Ladedrucks und der Motor-Drehmomentabgabe erreicht.

**[0005]** Zum Beispiel kann ein aufgeladenes Motorsystem einen Turbolader einschließen, der ein über die Turbine gekoppeltes Ladedruckregelventil-Stellorgan und ein über den Verdichter gekoppeltes stufenlos einstellbares Verdichter-Rückführungsventil (CCRV) hat. Das CCRV kann wie eine Ansaugdrosselklappe konfiguriert sein, so dass es vollständig offen, vollständig geschlossen oder in einer beliebigen Stellung dazwischen betätigt werden kann. Als Reaktion auf eine Aufladungsanforderung kann ein Steuergerät in Vorwärtskopplung die Ladedruckregelventil-Stellung auf der Grundlage des gewünschten (oder Referenz-)Ladedrucks und der Betriebsbedingungen einstellen. Zum Beispiel kann, um den Ladedruck zu steigern, das Ladedruckregelventil zu einer geschlosseneren Stellung bewegt werden, um den Turbinen-Einlassdruck und die Turbinendrehzahl zu steigern, während, um den Ladedruck zu vermindern, das Ladedruckregelventil zu einer offeneren Stellung bewegt werden kann, um den Turbinen-Einlassdruck und die Turbinendrehzahl zu vermindern. Außerdem können Rückkopplungseinstellungen an der Ladedruckregelventil-Stellung auf dem Unterschied zwischen dem tatsächlichen (gemessenen) Ladedruck und dem gewünschten Ladedruck beruhen.

**[0006]** Daher wird, auf Grund der mit der Betätigung des Ladedruckregelventils verbundenen langsamen Turboladerdynamik die gewünschte Ladedruckveränderung langsam erreicht, da das Ladedruckregelventil zuerst die Turbine und den Verdichter beschleunigen (oder verzögern) muss. Folglich wird in Abstimmung mit der Ladedruckregelventil-Einstellung, gleichzeitig ein Verdichter-Rückführungsventil (CCRV) eingestellt. Im Einzelnen wird das CCRV in Vorwärtskopplung in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen und einem Verdichterdruckverhältnis eingestellt, um den Turboladerbetrieb von einer harten Druckstoßgrenze weg nach innerhalb eines weichen Druckstoßbereichs zu bewegen. Danach wird das CCRV in Rückkopplung eingestellt, um Aufladungsfehler auszugleichen, die sich aus der Ladedruckregelventil-Einstellung ergeben. Da die Auswirkung der CCRV-Einstellung auf den Ladedruck im Wesentlichen unmittelbar ist, können das CCRV und das Ladedruckregelventil zusammen dazu verwendet werden, eine genaue Beharrungszustand-Ladedruckregulierung beim Vorhandensein von Unwägbarkeiten und äußeren Störungen zu gewährleisten. Auf gleiche Weise können ebenfalls Ansaugdrosselklappen-Einstellungen gleichzeitig dazu verwendet werden, Vorteil aus der

schnellen Turboladerdynamik zu ziehen, die mit der Drosselklappenbetätigung verbunden ist. Zum Beispiel wird die Ansaugdrosselklappe auf der Grundlage eines Verteiler-Durchflussmengenfehlers, der sich aus den Ladedruckregelventil- und den CCRV-Einstellungen ergibt, und im Verhältnis zu der gewünschten Verteiler-Durchflussmenge eingestellt. Dadurch ermöglicht die Drosselklappeneinstellung einen genaueren Luftstrom und demzufolge eine genauere Drehmomentabgabe in dem aufgeladenen Betriebsbereich.

**[0007]** Auf diese Weise kann eine Kombination von Ladedruckregelventil-, Verdichter-Rückführungsventil- und Ansaugdrosselklappen-Einstellungen dazu verwendet werden, die Aufladungszufuhr und die Drehmomentabgabe zu verbessern. Durch die Verwendung eines stufenlos einstellbaren Verdichter-Rückführungsventils, um eine Aufladungsregelung in einem Frequenzband zu gewährleisten, das komplementär zu dem Frequenzband des Ladedruckregelventils ist, können die beiden Aufladungsstellorgane einander ergänzen, um eine höhere Verstärkungsabstimmung des Ladedrucks, ein verbessertes Aufladungsansprechen und eine genauere Ladedruckzufuhr zu gewährleisten, während der Verdichter entfernt von einer Druckstoßgrenze betrieben wird. Dadurch, dass ebenfalls eine Ansaugdrosselklappe eingestellt wird, um Luftmengenfehler auszugleichen, die sich aus der Ladedruckregelung ergeben, werden sowohl die Genauigkeit als auch die Geschwindigkeit der Drehmomentabgabe während des aufgeladenen Motorbetriebs verbessert. Insgesamt wird die aufgeladene Motorleistung verbessert, was Vorteile bei der Kraftstoffwirtschaftlichkeit gewährleistet.

**[0008]** Es sollte sich verstehen, dass die Kurzdarstellung oben bereitgestellt wird, um in vereinfachter Form eine Auswahl von Konzepten, die in der ausführlichen Beschreibung weiter beschrieben werden, einzuführen. Sie ist nicht dazu bestimmt, Schlüssel- oder Wesensmerkmale des beanspruchten Gegenstandes zu identifizieren, dessen Rahmen einzig durch die Ansprüche definiert wird, die der ausführlichen Beschreibung folgen. Ferner ist der beanspruchte Gegenstand nicht auf Umsetzungen, welche oben oder in irgendeinem Teil dieser Offenbarung angegebene Nachteile lösen, begrenzt.

**[0009]** Fig. 1 zeigt eine schematische Abbildung eines beispielhaften aufgeladenen Motorsystems.

**[0010]** Fig. 2 bis Fig. 3 zeigen Verdichter-Kennfelder, die harte Druckstoß- und weiche Druckstoßbereiche abbilden.

**[0011]** Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm eines Aufladungsregelungssystems, das WG- und CCRV-Stellorgane verwendet.

**[0012]** Fig. 5 zeigt ein höheres Ablaufdiagramm zum Einstellen der Ladedruckregelventil-Rückkopplungs- und Vorwärtskopplungssteuerung auf der Grundlage einer CCRV-Funktionalität.

**[0013]** Fig. 6 zeigt eine beispielhafte Abstimmung von WG- und CCRV-Einstellungen, um einen gewünschten Ladedruck bereitzustellen, nach der vorliegenden Offenbarung.

**[0014]** Die folgende Beschreibung betrifft Systeme und Verfahren zum Verbessern der Ladedruckregelung in einem aufgeladenen Motorsystem, wie beispielsweise dem System von Fig. 1. Ladedruckregelventil- und Verdichter-Rückführungsventil-Einstellungen (Fig. 4) können gleichzeitig dazu verwendet werden, einen Turbolader innerhalb von Druckstoßgrenzen (Fig. 2 bis Fig. 3) zu betreiben. Ein Steuergerät kann dafür konfiguriert sein, eine Regelungsroutine, wie beispielsweise die Routine von Fig. 5, auszuführen, um Vorwärtskopplungs- und Rückkopplungseinstellungen an der Stellung eines Ladedruckregelventils und eines Verdichter-Rückführungsventils durchzuführen, um einen Ladedruck genau zu gewährleisten und einem Drehmomentbedarf zu entsprechen. Das Steuergerät kann ebenfalls die Stellung einer Ansaugdrosselklappe einstellen, um Luftmengenfehler auszugleichen, die sich aus den Ladedruckregelventil- und/oder Rückführungsventil-Einstellungen ergeben. Das Steuergerät kann ebenfalls auf der Grundlage der Funktionalität des Verdichter-Rückführungsventils eine Verstärkungsfunktion des Ladedruckregelventils einstellen, um die Aufladungszufuhrzeit und -genauigkeit weiter zu verbessern. Eine beispielhafte Einstellung wird unter Bezugnahme auf Fig. 6 gezeigt. Auf diese Weise wird die Aufladungsgenauigkeit gesteigert.

**[0015]** Fig. 1 zeigt eine schematische Abbildung eines beispielhaften aufgeladenen Motorsystems **100**, das eine Mehrzylinder-Verbrennungskraftmaschine **10** und Zwillingturbolader **120** und **130** einschließt. Als ein nicht begrenzendes Beispiel kann das Motorsystem **100** als ein Teil eines Antriebssystems für einen Personenkraftwagen eingeschlossen sein. Das Motorsystem **100** kann über einen Ansaugkanal **140** Ansaugluft aufnehmen. Der Ansaugkanal **140** kann einen Luftfilter **156** einschließen. Das Motorsystem **100** kann ein geteiltes Motorsystem sein, wobei der Ansaugkanal **140** stromabwärts von dem Luftfilter **156** in einem ersten und einen zweiten parallelen Ansaugkanal verzweigt ist, die jeweils einen Turbolader-Verdichter einschließen. In der sich

ergebenden Konfiguration wird wenigstens ein Teil der Ansaugluft über einen ersten parallelen Ansaugkanal **142** zu einem Verdichter **122** eines Turboladers **120** geleitet, und wenigstens ein anderer Teil der Ansaugluft wird über einen zweiten parallelen Ansaugkanal **144** des Ansaugkanals **140** zu einem Verdichter **132** eines Turboladers **130** geleitet.

**[0016]** Der erste Teil der gesamten Ansaugluft, der durch den Verdichter **122** verdichtet wird, kann über einen ersten parallelen abgezweigten Ansaugkanal **146** einem Ansaugverteiler **160** zugeführt werden. Auf diese Weise bilden die Ansaugkanäle **142** und **146** einen ersten parallelen Zweig des Luftansaugsystems des Motors. Ähnlich kann ein zweiter Teil der gesamten Ansaugluft über den Verdichter **132** verdichtet werden, wo er über einen zweiten parallelen abgezweigten Ansaugkanal **148** dem Ansaugverteiler **160** zugeführt wird. Folglich bilden die Ansaugkanäle **144** und **148** einen zweiten parallelen Zweig des Luftansaugsystems des Motors. Wie in **Fig. 1** gezeigt, kann die Ansaugluft von den Ansaugkanälen **146** und **148** über einen gemeinsamen Ansaugkanal **149** wieder zusammengeführt werden, bevor sie den Ansaugverteiler **160** erreicht, wo die Ansaugluft an den Motor geliefert werden kann.

**[0017]** Bei einigen Beispielen kann der Ansaugverteiler **160** einen Ansaugverteiler-Drucksensor **182** zum Abschätzen eines Verteilerdrucks (MAP) und/oder einen Ansaugverteiler-Temperatursensor **183** zum Abschätzen einer Verteilertemperatur (MCT) einschließen, die jeweils in Verbindung mit einem Steuergerät **12** stehen. Der Ansaugkanal **149** kann einen Luftkühler **154** und eine Luftansaugdrosselklappe **158** einschließen. Die Stellung der Ansaugdrosselklappe **158** kann über ein Drosselklappen-Stellorgan (nicht gezeigt), das kommunikativ an das Steuergerät **12** gekoppelt ist, eingestellt werden.

**[0018]** Es kann ein Verdichter-Rückführungskanal **150** für die Verdichter-Druckstoßregelung bereitgestellt werden. Im Einzelnen kann, um das Verdichterpumpen, wie beispielsweise bei einem Gaswegnehmen des Fahrers, zu verringern, der Ladedruck aus dem Ansaugverteiler, stromabwärts von dem Luftkühler **154** und stromaufwärts von der Ansaugdrosselklappe **158**, zu dem Ansaugkanal **140** (insbesondere stromabwärts von dem Luftfilter **156** und stromaufwärts von der Verbindungsstelle der Ansaugkanäle **142** und **144**) abgelassen werden. Durch das Strömenlassen von aufgeladener Luft von stromaufwärts von einem Ansaugdrossel-Einlass nach stromaufwärts von den Verdichtereinlässen kann der Ladedruck schnell verringert werden, was die Aufladungsregelung beschleunigt. Der Durchfluss durch den Verdichter-Rückführungskanal **150** kann reguliert werden durch das Einstellen der Stellung eines in demselben angeordneten Verdichter-Abblasventils **152**. Bei dem abgebildeten Beispiel kann das Verdichter-Rückführungsventil **152** ein stufenlos einstellbares Ventil sein, dessen Stellung zu einer vollständig offenen Stellung, einer vollständig geschlossenen Stellung oder einer beliebigen Stellung dazwischen eingestellt werden kann. Folglich kann das Rückführungsventil **152** hierin ebenfalls als ein stufenlos einstellbares Verdichter-Rückführungsventil oder CCVR bezeichnet werden. Bei dem abgebildeten Beispiel ist das CCVR **152** als ein Drosselventil konfiguriert sein, obwohl das CCVR bei anderen Ausführungsformen abweichend (z.B. als ein Tellerventil) konfiguriert sein kann. Es wird zu erkennen sein, dass, während das CCVR in **Fig. 1** konfiguriert für einen zweifach turbogeladenen V6-Motor gezeigt wird, das CCVR ähnlich in anderen Motorkonfigurationen angewendet werden könnte, wie beispielsweise angewendet auf R3-, R4-, V8- und andere Motorkonfigurationen mit einem oder mehreren Turboladern. Bei einer alternativen Konfiguration kann der Rückführungskanal derart angeordnet sein, dass sich der Durchfluss von stromaufwärts von dem Luftkühler **154** zu einer Position stromaufwärts von den Verdichtern **120** und **130** bewegt. Bei einer anderen Konfiguration kann es zwei Rückführungsbahnen, jeweils mit einem Rückführungsventil, geben, jeweils derart angeordnet, dass sich der Durchfluss von dem Verdichterauslass zu dem Verdichtereinlass bewegt.

**[0019]** Unter nominellen Motor-Betriebsbedingungen kann das stufenlos einstellbare Verdichter-Rückführungsventil **152** nominell geschlossen oder nahezu geschlossen gehalten werden. In einer solchen Stellung kann das Ventil mit einem bekannten oder vernachlässigbaren Durchsickern arbeiten. Dann kann, als Reaktion auf einen Druckstoß, eine Öffnung des CCRV **152** gesteigert werden. Bei einigen Ausführungsformen können ein oder mehrere Sensoren in den Verdichter-Rückführungskanal **150** gekoppelt sein, um die zurückgeführte Durchflussmenge zu bestimmen, die von dem Drosselauslass zu dem Ansaugkanal geliefert wird. Die verschiedenen Sensoren können zum Beispiel Druck-, Temperatur- und/oder Durchfluss-Sensoren einschließen.

**[0020]** Bei alternativen Ausführungsformen kann das Verdichter-Rückführungsventil als ein Zweistellungsventil konfiguriert sein, das zu einer von einer vollständig geschlossenen und einer vollständig offenen Stellung einstellbar ist. Jedoch haben die Erfinder, wie hierin näher ausgeführt, erkannt, dass durch die Verwendung eines CCVR die Aufladungsregulierung verbessert wird. Außerdem können durch das Abstimmen der Betätigung des CCVR mit derjenigen eines Ladedruckregelventils das Aufladungsansprechen und die Druckstoßspannen verbessert werden.

**[0021]** Daher ist die Auswirkung des Öffnens oder Schließens des CCVR **152** auf den Ladedruck im Wesentlichen unmittelbar. Dies ermöglicht eine unmittelbare Aufladungs- und Druckstoßregelung. Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** zeigt diese ein Verdichter-Kennfeld **200**, das einen harten Druckstoßbereich anzeigt. Im Einzelnen zeigt das Kennfeld eine Veränderung bei dem Verdichter-Druckverhältnis (entlang der y-Achse) bei unterschiedlichen Verdichter-Durchflussmengen (entlang der x-Achse). Eine Linie **202** zeigt eine harte Druckstoßlinie für die gegebenen Betriebsbedingungen. Ein Verdichterbetrieb links von der harten Druckstoßlinie **202** führt zu einem Betrieb in einem harten Druckstoßbereich **204** (abgebildet als schattierter Bereich **204**). Ein Verdichterbetrieb in dem harten Druckstoßbereich **204** führt zu störendem NVH und vielleicht einem Abfall der Motorleistung. Folglich kann durch das Öffnen des CCVR **152** der Verdichterbetrieb sowohl von der harten Druckstoßlinie als auch von dem harten Druckstoßbereich weg bewegt werden. Wie in **Fig. 3** gezeigt, gibt es bei dem Verdichter-Kennfeld **300** einen weichen Druckstoßbereich **302** (abgebildet als schattierter Bereich **302**), der zu störendem NVH, wenn auch weniger heftig, führen kann und ebenfalls einen Abfall der Motorleistung verursachen kann. Die CCVR-Öffnung kann eingestellt werden, um den Verdichterbetrieb aus (das heißt, nach rechts von) dem weichen Druckstoßbereich **302** zu bewegen. Damit wird das Pumpen unmittelbar verringert, und die aufgeladene Motorleistung wird verbessert.

**[0022]** Jedoch kann das fortlaufende Zurückführen der Luft um die Verdichter zu Kraftstoff-Wirtschaftlichkeitsverlusten führen, da die zusätzliche Verdichterarbeit durch zusätzliche Turbinenarbeit ausgeglichen werden muss. Die gesteigerte Turbinenarbeit führt typischerweise zu höheren Abgasdrücken und gesteigerter Motorpumparbeit. Folglich kann, wie unter Bezugnahme auf **Fig. 4** bis **Fig. 5** näher ausgeführt, durch das Abstimmen der Einstellungen an dem CCVR mit den Einstellungen an einem Turbinen-Ladedruckregelventil die Aufladungsregelung mit Verbesserungen der Kraftstoffwirtschaftlichkeit erreicht werden.

**[0023]** Der Motor **10** kann mehrere Zylinder **14** einschließen. Bei dem abgebildeten Beispiel schließt der Motor **10** sechs Zylinder ein, die in einer V-Konfiguration angeordnet sind. Im Einzelnen sind die sechs Zylinder auf zwei Bänken **13** und **15** angeordnet, wobei jede Bank drei Zylinder einschließt. Bei alternativen Beispielen kann der Motor **10** zwei oder mehr Zylinder, wie beispielsweise 4, 5, 8, 10 oder mehr Zylinder, einschließen. Diese mehreren Zylinder können gleichfalls in alternativen Konfigurationen, wie beispielsweise V, in Reihe, als Boxer usw., aufgeteilt und angeordnet sein. Jeder Zylinder **14** kann mit einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung **166** konfiguriert sein. Bei dem abgebildeten Beispiel ist die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung **166** eine Zylinder-Direkteinspritzvorrichtung. Jedoch kann die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung **166** bei anderen Beispielen als eine Saugrohr-Kraftstoff-Einspritzvorrichtung konfiguriert sein.

**[0024]** Die jedem Zylinder **14** (hierin ebenfalls als Verbrennungskammer **14** bezeichnet) über den gemeinsamen Ansaugkanal **149** zugeführte Ansaugluft kann zur Kraftstoffverbrennung verwendet werden, und die Verbrennungsprodukte können danach über bankspezifische parallele Abgaskanäle ausgestoßen werden. Bei dem abgebildeten Beispiel kann eine erste Bank **13** von Zylindern des Motors **10** die Verbrennungsprodukte über einen ersten parallelen Abgaskanal **17** ausstoßen, und eine zweite Bank **15** von Zylindern kann die Verbrennungsprodukte über einen zweiten parallelen Abgaskanal **19** ausstoßen. Sowohl der erste als auch der zweite Abgaskanal **17** und **19** können ferner eine Turboladerturbine einschließen. Im Einzelnen können die Verbrennungsprodukte, die über den Abgaskanal **17** ausgestoßen werden, durch eine Abgasturbine **124** des Turboladers **120** geleitet werden, die wiederum über eine Welle **126** mechanische Arbeit für den Verdichter **122** bereitstellen kann, um die Verdichtung für die Ansaugluft zu gewährleisten. Alternativ kann etwas oder alles von den Abgasen, die durch den Abgaskanal **17** strömen, die Turbine **124** über einen Turbinen-Umgehungskanal **123** umgehen, wie es durch ein Ladedruckregelventil **128** geregelt wird. Ähnlich können die Verbrennungsprodukte, die über den Abgaskanal **19** ausgestoßen werden, durch eine Abgasturbine **134** des Turboladers **130** geleitet werden, die wiederum über eine Welle **136** mechanische Arbeit für den Verdichter **132** bereitstellen kann, um die Verdichtung für die Ansaugluft zu gewährleisten, die durch den zweiten Zweig des Ansaugsystems des Motors strömt. Alternativ kann etwas oder alles von den Abgasen, die durch den Abgaskanal **19** strömen, die Turbine **134** über einen Turbinen-Umgehungskanal **133** umgehen, wie es durch ein Ladedruckregelventil **138** geregelt wird.

**[0025]** Bei einigen Beispielen können die Abgasturbinen **124** und **134** als Turbinen mit veränderlicher Geometrie konfiguriert sein, wobei das Steuergerät **12** die Stellung der Turbinenlaufradblätter (oder -schaufeln) einstellen kann, um das Niveau der Energie zu verändern, die aus dem Abgasstrom gewonnen und ihrem jeweiligen Verdichter zugeführt wird. Alternativ können die Abgasturbinen **124** und **134** als Turbinen mit veränderlicher Düse konfiguriert sein, wobei das Steuergerät **12** die Stellung der Turbinendüse einstellen kann, um das Niveau der Energie zu verändern, die aus dem Abgasstrom gewonnen und ihrem jeweiligen Verdichter zugeführt wird. Zum kann das Regelsystem dafür konfiguriert sein, die Schaufel- oder Düsenstellung der Abgasturbinen **124** und **134** über jeweilige Stellorgane unabhängig zu verändern.

**[0026]** Die Ladedruckregelventil-Stellorgane regulieren den Ladedruck durch das Regeln des Abgasstroms über die entsprechenden Turbinen. Jedoch ist, im Gegensatz zu der Betätigung der Verdichter-Rückführungsventile, die Auswirkung einer Ladedruckregelventil-Betätigung auf den Ladedruck auf Grund einer langsameren Turboladerdynamik wesentlich langsamer. Im Einzelnen muss, um den Ladedruck zu verändern, das Ladedruckregelventil zuerst die Turbine und den Verdichter beschleunigen (da sie auf der gleichen Welle verbunden sind). Ein Steuergerät steuert die Ladedruckregelventil-Aktion über Vorwärtskopplungs- und Rückkopplungskomponenten. Die Vorwärtskopplungskomponente spricht auf den gewünschten (Referenz-)Ladedruck und die Betriebsbedingungen an, während die Rückkopplungskomponente auf den Unterschied zwischen dem tatsächlichen (gemessenen oder abgeschätzten) Ladedruck und dem gewünschten Ladedruck anspricht. Die Rückkopplungseinstellung stellt als Reaktion auf einen Ladedruck-Regulierungsfehler die Öffnung des Ladedruckregelventils ein, um genaue Beharrungszustand-Ladedruckregulierungen beim Vorhandensein von Unwägbarkeiten und äußeren Störungen zu erreichen. Jedoch kann jegliche Aktion des Verdichter-Rückführungsventils sowie der Ansaugdrosselklappe (die ebenfalls eine im Wesentlichen unmittelbare Auswirkung auf den Ladedruck hat), die Ladedruckregelventil-Steuerung durcheinanderbringen, die nicht schnell genug ist, um die Wirkung des Verdichter-Rückführungsventils oder der Ansaugdrosselklappe aufzuheben. Während ein Deaktivieren oder Begrenzen der Ansaugdrosselklappen-Betätigung in dem aufgeladenen Betriebsbereich die Ladedruckregelventil-Steuerungsprobleme verringern kann, kann die Motorleistung ebenfalls nachteilig beeinflusst werden. Bei anderen Ausführungsformen kann die Ansaugdrosselklappe weit offen gehalten werden, wenn in dem aufgeladenen Bereich gearbeitet wird, jedoch führt dies zu einem weniger genauen Verteiler-Luftstrom und folglich, einer weniger genauen Drehmomentabgabe in dem Aufladungsbereich.

**[0027]** Die Erfinder des Vorliegenden haben festgestellt, dass durch das gleichzeitige Einstellen sowohl eines Ladedruckregelventils als auch einer Ansaugdrosselklappe und eines stufenlos einstellbaren Verdichter-Rückführungsventils die Aufladungsregelungsprobleme überwunden werden können und ein gewünschter Ladedruck bereitgestellt werden kann. Außerdem kann eine genaue Regelung der den Zylindern zugeführten Luft- und folglich des Motordrehmoments- erreicht werden. Im Einzelnen wird durch das Betätigen des CCRV in Abstimmung mit der Ansaugdrosselklappe und in einem mit dem Ladedruckregelventil komplementären Frequenzband eine schnellere und genauere Regulierung des Ladedrucks erreicht. Insbesondere ermöglicht die Herangehensweise, wie unter Bezugnahme auf **Fig. 4** bis **Fig. 5** näher ausgeführt, das der Ladedruckregelventil-Regelkreis aggressiver abgestimmt wird, weil das schnell agierende CCRV dazu in der Lage wäre, jegliche Schwankungen zu dämpfen und jegliche sich ergebende Ladedruck-Übersteigerung zu beseitigen (oder zu verringern).

**[0028]** Zum Beispiel kann, als Reaktion auf eine Aufladungsanforderung, ein Steuergerät ein über eine Abgasturbine gekoppeltes Ladedruckregelventil einstellen, um der Aufladungsanforderung zu entsprechen, und dann ein über einen Ansaugverdichter gekoppeltes stufenlos einstellbares Rückführungsventil auf der Grundlage der Ladedruckregelventil-Einstellung und ferner auf der Grundlage von Aufladungsfehlern einstellen. Als ein Beispiel kann das Ladedruckregelventil auf der Grundlage der Aufladungsanforderung in Vorwärtskopplung auf eine erste Stellung eingestellt und auf der Grundlage eines Fehlers zwischen der tatsächlichen Aufladung und der Aufladungsanforderung in Rückkopplung von der ersten Stellung (z.B. zu einer zweiten Ladedruckregelventil-Stellung) eingestellt werden. Das CCRV wiederum kann auf der Grundlage einer Verdichterauslass-Durchflussmenge, die sich aus der Ladedruckregelventil-Einstellung ergibt, im Verhältnis zu sowohl einer harten Druckstoßgrenze als auch einer weichen Druckstoßgrenze des Verdichters (unter den gegebenen Betriebsbedingungen) in Vorwärtskopplung auf eine erste Stellung eingestellt werden. Dies bewegt den Verdichter von den Druckstoßbereichen weg, was die Verdichterleistung verbessert. Das CCRV kann ferner auf der Grundlage des Fehlers zwischen der tatsächlichen Aufladung und der Aufladungsanforderung in Rückkopplung von der ersten Stellung (z.B. zu einer zweiten Rückführungsventil-Stellung) eingestellt werden. Danach kann eine stromaufwärts von dem Verdichter gekoppelte Ansaugdrosselklappe auf der Grundlage der tatsächlichen Aufladung und des Ansaugverteilerdrucks eingestellt werden, um die gewünschte Verteiler-Luftdurchflussmenge zu erreichen. Das CCRV kann ferner als Reaktion auf die Drosselklappeneinstellung eingestellt werden, um Ladedruckabweichungen auszugleichen, die auf Grund der Ansaugdrosselklappen-Einstellung entstehen.

**[0029]** Ferner kann die Rückkopplungseinstellung des Ladedruckregelventils mit einer höheren Verstärkungsabstimmung durchgeführt werden. Durch das Anwenden einer höheren Verstärkungsabstimmung auf den Ladedruckregelventil-Regelkreis wird das Aufladungsansprechen verbessert. Im Fall einer CCRV-Verschlechterung kann die Verstärkungsabstimmung der Rückkopplungseinstellung des Ladedruckregelventils zu einer niedrigeren (oder vorgegebenen) Verstärkungsabstimmung verringert werden. Auf diese Weise wird die Ladedruckregelventil-Steuerung verbessert.

**[0030]** Zur Beschreibung von **Fig. 1** zurückkehrend, können die Abgase in dem ersten parallelen Abgaskanal **17** über einen abgezweigten parallelen Abgaskanal **170** zur Atmosphäre geleitet werden, während die Abgase in dem zweiten parallelen Abgaskanal **19** über einen abgezweigten parallelen Abgaskanal **180** zur Atmosphäre geleitet werden können. Die Abgaskanäle **170** und **180** können eine oder mehrere Abgas-Nachbehandlungseinrichtungen, wie beispielsweise einen Katalysator, und einen oder mehrere Abgassensoren einschließen.

**[0031]** Bei einigen Ausführungsformen kann der Motor **10** ferner einen oder mehrere Abgasrückführungs-(AGR-)Kanäle zum Zurückführen wenigstens eines Teils des Abgases aus dem ersten und dem zweiten parallelen Abgaskanal **17** und **19** und/oder dem ersten und dem zweiten parallelen abgezweigten Abgaskanal **170** und **180** zu dem ersten und dem zweiten parallelen Ansaugkanal **142** und **144** und/oder den parallelen abgezweigten Ansaugkanälen **146** und **148** oder dem Ansaugverteiler **160**. Diese können Hochdruck-AGR-Kreise zum Bereitstellen einer Hochdruck-AGR (HD-AGR) und Niederdruck-AGR-Kreise zum Gewährleisten einer Niederdruck-AGR (ND-AGR) einschließen. Wenn sie eingeschlossen sind, kann die HD-AGR beim Nichtvorhandensein einer durch die Turbolader **120**, **130** bereitgestellten Aufladung bereitgestellt werden, während die ND-AGR beim Vorhandensein einer Turbolader-Aufladung und/oder, wenn die Abgastemperatur oberhalb eines Schwellenwertes liegt, bereitgestellt werden kann. Bei noch anderen Beispielen können sowohl HD-AGR als auch ND-AGR gleichzeitig bereitgestellt werden. Die Niederdruck-AGR-Kreise können wenigstens etwas Abgas von jedem der abgezweigten parallelen Abgaskanäle, stromabwärts von der Abgasturbine, zu dem entsprechenden parallelen Ansaugkanal, stromaufwärts von dem Verdichter, zurückführen. Jeder der ND-AGR-Kreise kann entsprechende ND-AGR-Ventile, zum Regeln des Abgasstroms durch den ND-AGR-Kreis, sowie jeweilige Ladeluftkühler zum Senken einer Temperatur des zu der Motoransaugung zurückgeführten Abgases haben. Die Hochdruck-AGR-Kreise können wenigstens etwas Abgas von jedem der abgezweigten parallelen Abgaskanäle, stromaufwärts von der Abgasturbine, zu dem entsprechenden parallelen Ansaugkanal, stromabwärts von dem Verdichter, zurückführen. Der AGR-Strom durch die HD-AGR-Kreise kann über jeweilige HD-AGR-Ventile und HD-AGR-Ladeluftkühler geregelt werden.

**[0032]** Die Stellung der Einlass- und Auslassventile jedes Zylinders **14** kann über hydraulisch betätigte Stößel, die an Ventil-Stößelstangen gekoppelt sind, oder über einen Nockenprofil-Umschaltmechanismus, in dem Nockenhebungen verwendet werden, reguliert werden. Bei diesem Beispiel können wenigstens die Einlassventile jedes Zylinders **14** unter Verwendung eines Nockenbetätigungssystems durch Nockenbetätigung gesteuert werden. Im Einzelnen kann das Einlassventil-Nockenbetätigungssystem **25** einen oder mehrere Nocken einschließen und kann eine veränderliche Nocken-Zeit- oder -Hubsteuerung für Einlass- und/oder Auslassventile benutzen. Bei alternativen Ausführungsformen können die Einlassventile durch elektrische Ventilbetätigung gesteuert werden. Ähnlich können die Auslassventile durch Nockenbetätigungssysteme oder elektrische Ventilbetätigung gesteuert werden.

**[0033]** Das Motorsystem **100** kann wenigstens teilweise durch ein Steuerungssystem **15**, welches das Steuergerät **12** einschließt, und durch Eingabe von einem Fahrzeugführer über ein Eingabegerät (nicht gezeigt) gesteuert werden. Es wird gezeigt, dass das Steuerungssystem **15** Informationen von mehreren Sensoren **16** (von denen verschiedene Beispiele hierin beschrieben werden) empfängt und Steuersignale an mehrere Stellorgane **81** sendet. Als ein Beispiel können die Sensoren **16** einen Feuchtigkeitssensor, einen MAP-Sensor **182** und einen MCT-Sensor **183** einschließen. Bei einigen Beispielen kann der gemeinsame Ansaugkanal **149** einen Drosseleinlassdruck-(TIP-)Sensor **232** zum Abschätzen eines Drosseleinlassdrucks, auch als der Ladedruck bezeichnet, und/oder einen Drosseleinlasstemperatur-Sensor zum Abschätzen einer Drosseleinlasstemperatur (TCT) einschließen. Bei anderen Beispielen kann einer oder können mehrere der AGR-Kanäle Druck-, Temperatur- und Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren, zum Bestimmen von AGR-Strom-Charakteristika einschließen. Als ein anderes Beispiel können die Stellorgane **81** die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung **166**, HD-AGR-Ventile **210** und **220**, ND-AGR-Ventile (nicht gezeigt), das Drosselventil **158** und die Ladedruckregelventile **128**, **138** einschließen.

**[0034]** Andere Stellorgane, wie beispielsweise eine Vielzahl von zusätzlichen Ventilen und Drosseln, können an verschiedene Positionen in dem Motorsystem **100** gekoppelt sein. Das Steuergerät **12** kann Eingangsdaten von den verschiedenen Sensoren empfangen, die Eingangsdaten verarbeiten und die Stellorgane als Reaktion auf die verarbeiteten Eingangsdaten auf der Grundlage von in demselben programmierten Anweisungen oder Code, die einer oder mehreren Routinen entsprechen, auslösen. Beispielhafte Regelungsroutinen werden hierin in Bezug auf **Fig. 4** bis **Fig. 5** beschrieben.

**[0035]** Nunmehr **Fig. 4** zugewandt, wird ein Blockdiagramm **400** gezeigt, das eine Aufladungsregelung unter Verwendung von Ladedruckregelventil- und CCRV-Einstellungen abbildet. Das im Diagramm **400** abgebildete

Regelungsverfahren kann durch ein Motorsteuergerät oder ein Aufladungsregelmodul des Steuergeräts ausgeführt werden, das mit rechnerlesbarem Code konfiguriert ist.

**[0036]** Ein gewünschter Ladedruck **402** wird auf der Grundlage der Bediener-Drehmomentanforderung, der Pedalstellung usw. bestimmt. Der gewünschte Ladedruck wird an einem Ladedruckregelventil-Steuergerät K1 empfangen, das die Stellung des Ladedruckregelventils (WG **420**) in einem Motor **401** einstellt. Das Ladedruckregelventil-Steuergerät K1 empfängt ebenfalls das Ladedruck-Rückkopplungssignal TIP (die Verbindung wird in **Fig. 4** nicht gezeigt). Dies stellt den Ladedruckregelventil-Regelkreis des Regelungssystems dar. Im Einzelnen wird ermöglicht, dass das Ladedruckregelventil-Stellorgan das Niederfrequenz-(langsame)Verhalten des Ladedrucks mit einer Rückkopplungskomponente der Ladedruckregelventil-Steuerung regelt, die aggressiver (d.h., mit einer höheren Verstärkungsabstimmung) abgestimmt ist. Als eine FMEM-Aktion wird, im Fall einer Störung des CCRV-Stellorgans, eine weniger aggressive Eichung des Ladedruckregelventil-Regelkreises wiederhergestellt.

**[0037]** Ein CCRV-Regelkreis wird ebenfalls auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks **402** eingestellt. Der CCRV-Regelkreis besteht aus Vorwärtskopplungs-, Rückkopplungs- und Störungsaufhebungsteilen. Der Vorwärtskopplungsteil ermöglicht eine Behandlung des Verdichterpumpens. Insbesondere hält er den Betriebspunkt des Verdichters an der richtigen Stelle (d.h., rechts) im Verhältnis zu der harten Druckstoßlinie und dem weichen Druckstoßbereich (wie in **Fig. 2** bis **Fig. 3** erörtert). Der Rückkopplungsteil der CCRV-Steuerungsaktion spricht auf den Aufladungsregulierungsfehler (Rückkopplung) an. Er bewegt sich, um den CCRV-Luftstrom zu verringern, falls der tatsächliche Ladedruck ( $P_b$ ) geringer ist als der gewünschte Ladedruck ( $P_{desired}$ ; **402**), und desgleichen steigert er den CCRV-Luftstrom, falls  $P_b$  höher ist als  $P_{desired}$ .

**[0038]** Der Störungsaufhebungsteil der CCRV-Regelkreise wirkt präventiv, um die Auswirkung einer Drosselklappenbewegung auf den Ladedruck zu verringern. Auf diese Weise versucht er, die Motor-Luftstromregelung von dem Ladedruck-Ansprechen zu entkoppeln, zumindest bei höheren Frequenzen, wo das Ladedruckregelventil wenig Regelungsautorität hat. Die CCRV-Rückkopplung wird hochpassgefiltert, so dass die Auswirkung der CCRV-Einstellung auf Beharrungszustandswerte, einschließlich der Kraftstoffwirtschaftlichkeit, beseitigt wird. Ein ähnlicher Hochpassfilter wird ebenfalls auf den Störungsaufhebungsteil der CCRV-Aktion angewendet.

**[0039]** Die Ladedruckregelventil-Steuergerätstruktur könnte einen Übertrag von Nicht-CCRV-Anwendungen einschließen, jedoch ermöglicht das Vorhandensein der CCRV-Aktion eine aggressivere Eichung. Zum Beispiel könnte die Eichung des Ladedruckregelventil-Regelkreises eine gewisse Übersteuerung (z.B. bis zu 20 %) beim Ladedruck ermöglichen, wenn er mit der offenen Ansaugdrosselklappe und dem geschlossenen CCRV betrieben wird. Die Bandbreite dieses Regelkreises,  $wg_{bw}$ , würde abgeschätzt werden, wie es für die Auslegung des CCRV-Regelkreises notwendig sein kann. Wenn das CCRV aktiviert wird, sollte die Übersteuerung auf 0 bis 5 % verringert werden.

**[0040]** Zurückkehrend zu Kennfeld **400**, wird, auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks **402**, ein gewünschter CCRV-Durchfluss **414** bestimmt. Im Einzelnen wird der gewünschte CCRV-Durchfluss **414** durch das Addieren von drei gesonderten Komponenten bestimmt, und zwar einer Vorwärtskopplungsdurchflusskomponente **404**, einer Rückkopplungsdurchflusskomponente **406** und einer Störungsaufhebungskomponente **408**. Die Vorwärtskopplungskomponente ist dafür vorgesehen sicherzustellen, dass, im Beharrungszustand, der Verdichter-Betriebspunkt entfernt von der harten Druckstoßlinie und außerhalb des weichen Druckstoßbereichs (wie unter Bezugnahme auf **Fig. 2** bis **Fig. 3** erörtert) liegt. Die Vorwärtskopplungskomponente **404** wird aus der gewünschten Motor-Durchflussmenge und dem gewünschten Ladedruck berechnet. Der letztgenannte, geteilt durch den Verdichter-Einlassdruck (der nahe dem Umgebungsdruck liegt), ergibt das Ladedruckverhältnis. Die Kennfelder **200** und **300** von **Fig. 2** bis **Fig. 3** werden dazu verwendet festzustellen, wie viel Verdichter-Luftstrom benötigt wird, um einen harten und einen weichen Druckstoß zu vermeiden. Für einen einzelnen Turbolader ist der CCRV-Durchfluss,  $W_{crv\_ff}$ , die Differenz zwischen dem minimalen Verdichter-Luftstrom,  $W_{c\_min}$ , der benötigt wird, um einen harten/weichen Druckstoß zu vermeiden, und der gewünschte Motor-Durchfluss gemäß der Gleichung (1):

$$W_{crv\_ff} = \max\{0, W_{c\_min} - W_{e\_des}\} \quad (1)$$

oder, im Fall eines Twinturbo-Motors, wie bei dem Motorsystem von **Fig. 1**, gemäß der Gleichung (2):

$$W_{crv\_ff} = \max\{0, 2W_{c\_min} - W_{e\_des}\} \quad (2).$$

**[0041]** Die Rückkopplungskomponente **406** des CCRV-Durchflusses wird als ein zusätzlicher CCRV-Durchfluss, proportional zu der Differenz zwischen dem gewünschten Ladedruck ( $P_{b\_des}$ ) und dem tatsächlichen Ladedruck ( $P_b$ ), berechnet. Um eine fortlaufende CCRV-Betätigung zu vermeiden, welche die WG-Aktion ersetzen würde, wird ein proportionaler Term **405** durch einen Hochpassfilter **410** gefiltert, um einen CCRV-Rückkopplungsdurchfluss gemäß der Gleichung (3) zu erhalten:

$$W_{crv\_fb} = kH(s)(P_b - P_{b\_des}) \quad (3),$$

wobei  $k$  eine einstellbare Verstärkung ist und  $H(s) = s/(s + \omega_{gbw})$  ein Hochpassfilter **410** mit der kritischen Hochpassfrequenz gleich der Bandbreite des oben beschriebenen Ladedruckregelventil-Regelkreises ( $\omega_{gbw}$ ) ist. Alternativ könnte die kritische Frequenz einen Abstimmungsparameter berücksichtigen und eingestellt sein, um das Ansprechen des Systems zu verbessern.

**[0042]** Schließlich ist die Störungsaufhebungskomponente **408** dafür vorgesehen, die Auswirkungen einer Drosselklappenbetätigung auf den Ladedruck zu beseitigen. Sie vergleicht einen angewiesenen oder abgeschätzten Drosseldurchfluss ( $W_{th}$ ) mit einem Durchfluss, der einer weit offenen Drossel entspricht. Wie in dem Fall der Rückkopplungskomponente **406**, wird diese Komponente ebenfalls durch einen Hochpassfilter **412** gefiltert, um nur eine vorübergehende Betätigung zu ermöglichen, was die langsame und dauerhafte Aktion dem Ladedruckregelventil überlässt, gemäß der Gleichung (4):

$$W_{crv\_dist} = H(s)(c P_b - W_{th})$$

$$c = \frac{N}{120} \frac{V_d}{RT_m} \eta_{vol} \quad (4),$$

wobei  $H(s)$  der gleiche Hochpassfilter ist wie oben (das heißt, die Filter **410** und **412** sind der gleiche),  $V_d$  der Motorhubraum ist,  $N$  die Motordrehzahl ist,  $T_m$  die Verteiler- oder Drossel-Einlasstemperatur ist und  $\eta_{vol}$  der volumetrische Motor-Wirkungsgrad ist.

**[0043]** Wenn die drei Komponenten zusammengenommen werden, wird der gewünschte CCRV-Durchfluss **414** gemäß der Gleichung (5) bestimmt:

$$W_{crv} = \max\{0, W_{crv\_ff} + W_{crv\_fb} + W_{crv\_dist}\} \quad (5).$$

**[0044]** Es wird zu erkennen sein, dass, während das abgebildete Regelungsdiagramm drei Komponenten beim Bestimmen des CCRV-Durchflusses anwendet, bei anderen Ausführungsformen der CCRV-Durchfluss unter Verwendung nur einer oder zweier der drei Durchflusskomponenten bestimmt werden kann.

**[0045]** Danach wird auf der Grundlage des gewünschten CCRV-Durchflusses auf der Grundlage der Standardumkehrung der Blendendurchflussgleichung ein CCRV-Öffnungsbefehl ( $CCRV\_command$ ) erlangt. Der Öffnungsbefehl wird danach an ein CCRV **422** befehligt. Alternativ könnte der Öffnungsbefehl aus einer eichbaren Nachschlagetabelle bestimmt werden.

**[0046]** Auf diese Weise werden Ladedruckregelventil- und CCRV-Stellungen gleichzeitig und voneinander abhängig gesteuert, neben Drosselklappeneinstellungen, um das Verdichterpumpen zu verringern und die Aufladungsgenauigkeit zu verbessern.

**[0047]** Nunmehr **Fig. 5** zugewandt, wird eine beispielhafte Routine **500** zum Einstellen eines Ladedruckregelventils, eines stufenlos einstellbaren Verdichter-Rückführungs-(oder Rückführungs-)Ventils und einer Ansaugdrosselklappe, um eine genauere Aufladungsregelung zu gewährleisten, gezeigt. Im Einzelnen stellt das Verfahren gleichzeitig sowohl ein Ladedruckregelventil als auch ein Verdichter-Rückführungsventil und eine Ansaugdrosselklappe ein, um einen gewünschten Ladedruck bereitzustellen.

**[0048]** Bei **502** schließt die Routine das Abschätzen und/oder Messen von Motor-Betriebsbedingungen ein. Diese schließen zum Beispiel Pedalstellung, Drehmomentanforderung, Ladedruckanforderung, Turbinendrehzahl, Verdichter-Einlasstemperatur, Motortemperatur, MAP, MAF, BP usw. ein. Bei **504** kann auf der Grundlage der abgeschätzten Betriebsbedingungen ein gewünschter Ladedruck bestimmt werden. Zum Beispiel kann, als Reaktion auf ein Gasgeben, wobei ein gesteigertes Drehmoment angefordert wird, eine gewünschte Steigerung beim Ladedruck festgestellt werden. Bei einem anderen Beispiel kann, als Reaktion auf ein Gaswegnehmen, wobei ein vermindertes Drehmoment angefordert wird, eine gewünschte Verminderung beim Lade-

druck festgestellt werden. Das Bestimmen einer Steigerung oder einer Verminderung beim Ladedruck schließt das Bestimmen eines gewünschten End-Ladedrucks (im Verhältnis zu dem gegenwärtigen Ladedruck), das Bestimmen einer gewünschten Turbinen-Enddrehzahl (im Verhältnis zu der gegenwärtigen Turbinendrehzahl) sowie eines gewünschten End-Verdichterverhältnisses (im Verhältnis zu dem gegenwärtigen Verdichterverhältnis und den Druckstoßgrenzen bei den Betriebsbedingungen) ein.

**[0049]** Bei **506** kann festgestellt werden, ob das Verdichter-Rückführungsventil (hierin ebenfalls als CCRV bezeichnet) beeinträchtigt ist. Wie zuvor näher ausgeführt, kann das Verdichter-Rückführungsventil ein stufenlos einstellbares Rückführungsventil sein, das auf eine vollständig offene Stellung, eine vollständig geschlossene Stellung oder eine beliebige Stellung dazwischen eingestellt werden kann. Das Feststellen, ob das CCRV beeinträchtigt ist, kann zum Beispiel das Feststellen einschließen, ob ein Kennzeichen gesetzt worden ist, das eine Beeinträchtigung des CCRV anzeigt. Bei einem Beispiel kann eine CCRV-Beeinträchtigung während der Umsetzung verschiedener bordeigener Diagnoseroutinen auf der Grundlage eines CCRV-Positionssensors und des CCRV-Ansprechens auf einen Befehl, die Stellung zu ändern, festgestellt werden. An sich könnten, falls das CCRV beeinträchtigt ist, dann die wie oben erörtert abgestimmten höheren Verstärkungen des Ladedruckregelventil-Regelkreises zu einer Übersteigerung des Ladedruckansprechens führen. Um die Übersteigerung zu verringern, sollte der Ladedruckregelventil-Regelkreis zu dem niedrigeren Satz von Verstärkungen zurückkehren, die für den Fall abgestimmt sind, dass das CCRV inaktiv bleibt.

**[0050]** Falls das CCRV nicht beeinträchtigt ist, dann schreitet das Steuergerät dazu fort, das Ladedruckregelventil auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks einzustellen. Im Einzelnen schließt die Routine, bei **512**, das Einstellen des Ladedruckregelventils in Vorwärtskopplung auf eine erste Ladedruckregelventil-Stellung auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks ein. Zum Beispiel kann das Ladedruckregelventil zu einer ersten Stellung bewegt werden, die geschlossener ist, da der gewünschte Ladedruck als Reaktion auf ein Gasgeben zunimmt. Durch das Schließen des Ladedruckregelventils werden der Abgasverteilerdruck und der Turbinen-Einlassdruck gesteigert. Dies erhöht die Turbinendrehzahl und demzufolge die Turbinenleistung. Als ein alternatives Beispiel kann das Ladedruckregelventil zu einer ersten Stellung bewegt werden, die offener ist, da der gewünschte Ladedruck als Reaktion auf ein Gaswegnehmen abnimmt. Durch das Öffnen des Ladedruckregelventils werden der Abgasverteilerdruck und der Turbinen-Einlassdruck vermindert was die Turbinendrehzahl und demzufolge die Turbinenleistung verringert.

**[0051]** Als Nächstes, bei **514**, schließt die Routine das Einstellen des Ladedruckregelventils in Rückkopplung mit einer höheren Verstärkungsabstimmung von der ersten Ladedruckregelventil-Stellung, zu einer zweiten, abweichenden Ladedruckregelventil-Stellung auf der Grundlage eines Fehlers zwischen dem tatsächlichen Ladedruck und dem gewünschten Ladedruck ein. Das Einstellen des Ladedruckregelventils mit einer höheren Verstärkungsabstimmung bewirkt, dass der Ladedruckregelventil-Regelkreis aggressiver geeicht wird. Durch die Verwendung einer höheren Verstärkungsabstimmung wird über den Ladedruckregelventil-Regelkreis eine schnellere, aber ungenauere Ladedruckregelung erreicht. Die Genauigkeit wird dann durch die Aktion des CCRV-Stellorgans bei **516** wiederhergestellt. Bei einem Beispiel ist die Konfiguration mit höherer Verstärkungsabstimmung eine vorgegebene Konfiguration des Ladedruckregelventils, die als Reaktion darauf, dass das CCRV beeinträchtigt ist, außer Kraft gesetzt wird.

**[0052]** Nach dem Festsetzen der Ladedruckregelventil-Stellung mit Vorwärtskopplungs- und Rückkopplungseinstellungen bei **512** bis **514** schreitet die Routine fort, um das Verdichter-Rückführungsventil auf der Grundlage einer Druckstoßgrenze und ferner auf der Grundlage eines Aufladungsfehlers, der sich aus der Ladedruckregelventil-Einstellung ergibt, einzustellen. Im Einzelnen schließt die Routine, bei **516**, das Einstellen der Stellung (oder Öffnung) des CCRV in Vorwärtskopplung auf der Grundlage einer Verdichter-Druckstoßgrenze ein. Zum Beispiel kann eine Öffnung des Rückführungsventils als Reaktion darauf gesteigert werden, dass ein Verdichterverhältnis bei oder nahe einer harten Druckstoßgrenze liegt. Wie unter Bezugnahme auf **Fig. 2** bis **Fig. 3** näher ausgeführt, kann durch das Steigern der Öffnung des CCRV, wenn der Turbolader-Verdichter bei oder nahe der harten/weichen Druckstoßgrenze arbeitet, der Verdichter aus einem harten/weichen Druckstoßbereich bewegt werden. Daher werden, durch das Bewegen des Turboladers weg von der harten Druckstoßgrenze, die Verdichterleistung und die Aufladungsregelung verbessert.

**[0053]** Das Einstellen des CCRV schließt ferner das Einstellen des Rückführungsventils in Rückkopplung auf der Grundlage des Fehlers zwischen dem Ladedruck und dem gewünschten Ladedruck ein. Der Fehler kann zum Teil auf die aggressive Rückkopplungseinstellung des Ladedruckregelventils bei **514** zurückzuführen sein. Zum Beispiel kann, wenn der Aufladungsfehler zunimmt, die CCRV-Öffnung vermindert werden, um den Ladedruck zu steigern, während die CCRV-Öffnung gesteigert werden kann, um den Ladedruck zu vermindern. Daher wird, da die Auswirkung der CCRV-Einstellung auf den Ladedruck im Wesentlichen unmittelbar ist,

durch die Verwendung der CCRV-Einstellung in Übereinstimmung mit dem Ladedruckregelventil, das bei einer höheren Verstärkungsabstimmung eingestellt ist, und bei einem zu dem Ladedruckregelventil-Stellorgan komplementären Frequenzband eine schnellere und genauere Regulierung des Ladedrucks erreicht. Außerdem ist die schnelle CCRV-Betätigung dazu in der Lage, Druckschwankungen zu dämpfen und eine Ladedruck-Übersteigerung zu verringern (z.B. zu beseitigen).

**[0054]** Als Nächstes, bei **518**, schließt die Routine das Einstellen der Ansaugdrosselklappe ein, um die gewünschte Verteiler-Luftdurchflussmenge zu erreichen. An sich kann die gewünschte Verteiler-Luftdurchflussmenge auf der Fahrer-Drehmomentanforderung beruhen, wobei die Luftdurchflussmenge gesteigert wird, wenn die Drehmomentanforderung zunimmt. Zum Beispiel kann, wenn der tatsächliche oder abgeschätzte Verteiler-Luftdurchfluss, der sich aus den Ladedruckregelventil- und Rückführungsventil-Einstellungen ergibt, geringer wird als eine gewünschte Luftdurchflussmenge, die Ansaugdrosselöffnung gesteigert werden, um die Fehler auszugleichen und den Verteiler-Luftdurchfluss zu steigern. Als ein anderes Beispiel kann, wenn der tatsächliche oder abgeschätzte Verteiler-Luftdurchfluss, der sich aus den Ladedruckregelventil- und Rückführungsventil-Einstellungen ergibt, höher wird als eine gewünschte Luftdurchflussmenge, die Ansaugdrosselöffnung vermindert werden, um den Fehler auszugleichen und den Verteiler-Luftdurchfluss zu vermindern. Bei einem anderen Beispiel wird die Ansaugdrosselklappe unmittelbar als Reaktion auf die Messung des tatsächlichen Ladedrucks (TIP-Sensor) betätigt, die ihrerseits auf die Ladedruckregelventil- und Rückführungsventil-Einstellungen anspricht. Daher wird die Drosselklappe eingestellt, um Fehler zwischen einer gewünschten Luftdurchflussmenge (auf der Grundlage einer Bediener-Drehmomentanforderung) und dem tatsächlichen Ladedruck (der sich aus den Ladedruckregelventil- und CCRV-Einstellungen ergibt) auszugleichen.

**[0055]** Bei **520** schließt die Routine ferner das Einstellen der Stellung des Verdichter-Rückführungsventils auf der Grundlage von Störungen beim Ladedruck, die sich auf Grund der Drosselklappeneinstellungen ergeben, ein. Zum Beispiel kann ein Störungsaufhebungsteil der CCRV-Durchflussregelung die Stellung des CCRV einstellen, um die Auswirkungen der Drosselklappenbetätigung auf den Ladedruck zu verringern oder zu beseitigen. Hierbei wird das CCRV eingestellt, um Ladedruckfehler zwischen dem gewünschten Ladedruck und dem tatsächlichen Ladedruck zu verringern, die sich aus der Vorwärtskopplungs- und Rückkopplungseinstellung des Ladedruckregelventils und aus der Drosselklappenaktion zum Regulieren des Verdichter-Luftdurchflusses ergeben.

**[0056]** Zu **506** zurückkehrend, schließt die Routine, falls das CCRV beeinträchtigt ist, dann bei **508**, wie bei **512**, das Einstellen des Ladedruckregelventils in Vorwärtskopplung auf eine erste Stellung auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks ein. Danach, bei **510**, wird das Ladedruckregelventil mit einer niedrigeren Verstärkungsabstimmung von der ersten Stellung auf eine alternative zweite Stellung (alternativ gegenüber der zweiten Stellung, auf die das Ladedruckregelventil bei **514** gesetzt wird) eingestellt, auf der Grundlage eines Fehlers zwischen dem Ladedruck und dem gewünschten Ladedruck. Das Einstellen des Ladedruckregelventils mit einer niedrigeren Verstärkungsabstimmung bewirkt, dass der Ladedruckregelventil-Regelkreis weniger aggressiv geeicht wird. Durch die Verwendung einer niedrigeren Verstärkungsabstimmung wird über den Ladedruckregelventil-Regelkreis eine langsamere Ladedruckregelung erreicht. Bei einem Beispiel ist die Konfiguration mit höherer Verstärkungsabstimmung eine vorgegebene Konfiguration des Ladedruckregelventils, die, außer Kraft gesetzt wird, und die Rückkopplungskomponente der Ladedruckregelventil-Steuerung wird als eine FMEM-Aktion von der höheren Verstärkungsabstimmung zu der niedrigeren Verstärkungsabstimmung umgeschaltet. Als Nächstes schließt die Routine bei **511**, wie bei **518**, das Einstellen der Ansaugdrosselklappe ein, um die gewünschte Verteiler-Luftdurchflussmenge zu erreichen. Zum Beispiel kann, wenn der tatsächliche oder abgeschätzte Verteiler-Luftdurchfluss, der sich aus den Ladedruckregelventil- und Rückführungsventil-Einstellungen ergibt, geringer wird als eine gewünschte Luftdurchflussmenge, die Ansaugdrosselöffnung gesteigert werden, um die Fehler auszugleichen und den Verteiler-Luftdurchfluss zu steigern. Als ein anderes Beispiel kann, wenn der tatsächliche oder abgeschätzte Verteiler-Luftdurchfluss, der sich aus den Ladedruckregelventil- und Rückführungsventil-Einstellungen ergibt, höher wird als eine gewünschte Luftdurchflussmenge, die Ansaugdrosselöffnung vermindert werden, um den Fehler auszugleichen und den Verteiler-Luftdurchfluss zu vermindern. Bei einem anderen Beispiel wird die Ansaugdrosselklappe unmittelbar als Reaktion auf die Messung des tatsächlichen Ladedrucks (TIP-Sensor) betätigt, die ihrerseits auf die Ladedruckregelventil- und Rückführungsventil-Einstellungen anspricht.

**[0057]** Bei einem Beispiel umfasst ein Motorsystem einen Motor, der einen Einlass und einen Auslass einschließt, einen Turbolader zum Bereitstellen einer aufgeladenen Luftfüllung für den Motor, wobei der Turbolader eine Abgasturbine und einen Ansaugverdichter einschließt, ein über die Turbine gekoppeltes Ladedruckregelventil, ein über den Verdichter gekoppeltes stufenlos einstellbares Rückführungsventil und eine an den Einlass gekoppelte Ansaugdrosselklappe, stromabwärts von dem Verdichter. Ein Steuergerät mit rechnerlesbaren

Anweisungen kann dafür konfiguriert sein, das Motorsystem in unterschiedlichen Modi (insbesondere unterschiedlichen Regelungsmodi) zu betreiben, um eine Ladedruckregelung zu ermöglichen. Die unterschiedlichen Regelungsmodi können die Verwendung von unterschiedlichen Regelkreisen, einschließlich eines Ladedruckregelventil-Regelkreises (wenn eine Ladedruckregelventil-Betätigung in dem Betriebsmodus eingeschlossen ist), eines CCRV-Regelkreises (wenn ein CCRV-Stellorgan in dem Betriebsmodus eingeschlossen ist) und eines Drosselklappen-Regelkreises (wenn eine Ansaugdrossel in dem Betriebsmodus betätigt wird), einschließen.

**[0058]** Zum Beispiel kann das Steuergerät das Motorsystem in einem ersten Modus betreiben, in dem eine Stellung des Ladedruckregelventils, der Ansaugdrosselklappe und eine Stellung des Rückführungsventils eingestellt werden, um auf der Grundlage einer Bediener-Drehmomentanforderung einen gewünschten Ladedruck bereitzustellen. Ferner kann das Steuergerät das Motorsystem in einem zweiten Modus betreiben, in dem nur die Stellung des Ladedruckregelventils und der Ansaugdrosselklappe eingestellt werden, um auf der Grundlage der Bediener-Drehmomentanforderung den gewünschten Ladedruck bereitzustellen. Das Steuergerät kann das Motorsystem als Reaktion auf keine Anzeige einer Beeinträchtigung des Rückführungsventils in dem ersten Modus betreiben, während es das Motorsystem als Reaktion auf eine Anzeige einer Beeinträchtigung des Rückführungsventils in dem zweiten Modus betreibt. Wenn das Motorsystem in dem ersten Modus betrieben wird, kann die Stellung des Ladedruckregelventils mit einer höheren Verstärkungsabstimmung eingestellt werden, während, wenn das Motorsystem in dem zweiten Modus betrieben wird, die Stellung des Ladedruckregelventils mit einer niedrigeren Verstärkungsabstimmung eingestellt wird.

**[0059]** Als ein Beispiel kann das Arbeiten im ersten Modus das Einstellen des Ladedruckregelventils in Vorwärtskopplung auf eine erste Stellung auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks, das Einstellen des Ladedruckregelventils in Rückkopplung von der ersten Stellung auf der Grundlage eines Fehlers zwischen dem tatsächlichen Ladedruck und dem gewünschten Ladedruck und das Einstellen der Drosselklappe auf eine Stellung auf der Grundlage eines Durchflussmengenfehlers zwischen einer Durchflussmenge auf der Grundlage des tatsächlichen Ladedrucks, der sich aus der Ladedruckregelventil-Einstellung ergibt, und einer Durchflussmenge auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks einschließen. Als ein anderes Beispiel kann das Arbeiten im zweiten Modus das Einstellen des Ladedruckregelventils in Vorwärtskopplung auf eine erste Stellung auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks, das Einstellen des Ladedruckregelventils in Rückkopplung von der ersten Stellung auf der Grundlage eines Fehlers zwischen dem tatsächlichen Ladedruck und dem gewünschten Ladedruck, das Einstellen des Rückführungsventils in Vorwärtskopplung zu einer zweiten Stellung auf der Grundlage einer Verdichter-Druckstoßgrenze und das Einstellen des Rückführungsventils in Rückkopplung von der zweiten Stellung auf der Grundlage eines Fehlers zwischen dem tatsächlichen Ladedruck, der sich aus der Ladedruckregelventil-Einstellung ergibt, und dem gewünschten Ladedruck einschließen. Ferner kann die Drosselklappe auf eine dritte Stellung auf der Grundlage eines Durchflussmengenfehlers zwischen einer Durchflussmenge auf der Grundlage eines tatsächlichen Ladedrucks, der sich aus der Ladedruckregelventil- und Rückführungsventil-Einstellung ergibt, und einer Durchflussmenge auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks eingestellt werden.

**[0060]** Nunmehr **Fig. 6** zugewandt, wird eine beispielhafte abgestimmte Einstellung eines Ladedruckregelventils, eines CCRV und einer Ansaugdrosselklappe gezeigt. Die Kombination ermöglicht eine schnelle und genaue Ladedruckregelung, insbesondere während eines Gasgebens oder Gaswegnehmens. Das Kennfeld **600** bildet Veränderungen beim Ladedruck bei den Diagrammen **602** und **604**, im Verhältnis zu einer Bediener-Drehmomentanforderung bei Diagramm **601**, einen Ansaugdrossel-(Verteiler-)Luftdurchfluss bei den Diagrammen **606** und **608**, Ladedruckregelventil-(WG-)Schaltverhältniseinstellungen bei den Diagrammen **610** und **612** und einen CCRV-Öffnungsanteil bei Diagramm **614** ab. In jedem Fall werden die Einstellungen mit CCRV-Betätigung (als durchgehende Linien bei den Diagrammen **602**, **606** und **610**) und ohne CCRV-Betätigung (als gestrichelte Linien bei den Diagrammen **604**, **608** und **612**) gezeigt. Alle Diagramme werden über die Zeit des Motorbetriebs, entlang der x-Achse abgebildet.

**[0061]** Vor  $t_1$  kann der Motor mit einem Aufladungsniveau (Diagramm **602**, durchgehende Linie) im Wesentlichen bei dem gewünschten Aufladungsniveau oder um dasselbe (Diagramm **601**, gestrichelte und durchgehende Linie). Im Einzelnen kann das Aufladungsniveau verhältnismäßig niedriger sein, und folglich kann der Motor mit dem geschlossenen CCRV (z.B. bei einer vollständig geschlossenen Stellung) und mit dem Ladedruckregelventil bei einem Schaltverhältnis um 0 (das heißt, mit dem vollständig offenen Ladedruckregelventil) betrieben werden.

**[0062]** Bei  $t_1$  kann ein gewünschter Ladedruck (Diagramm **601**) zunehmen, zum Beispiel als Reaktion auf ein Gasgeben. Um dem gewünschten Ladedruck zu entsprechen, wird zuerst das Ladedruckregelventil betätigt.

Im Einzelnen wird das Ladedruckregelventil-Schaltverhältnis auf 100 % hin bewegt, so dass ein Strom an die Ladedruckregelventil-Spule angelegt wird, um das Ladedruckregelventil zu schließen. Durch das Schließen des Ladedruckregelventils wird ein Abgas-Verteilerdruck stromaufwärts von einer Abgasturbine gesteigert, was den Turbinen-Einlassdruck und die Turbinenleistung steigert. An sich wird das Ladedruckregelventil aggressiv betätigt, um zu ermöglichen, dass der Ladedruck schnell angehoben wird. Während das Ladedruckregelventil-Schaltverhältnis gesteigert wird, wird das CCRV anfänglich geschlossen gehalten. Nachdem das Ladedruckregelventil-Schaltverhältnis 100 % erreicht hat und für eine kurze Dauer dort verharrt hat, wird das Ladedruckregelventil-Schaltverhältnis verringert, und die CCRV-Öffnung wird allmählich gesteigert. Im Ergebnis wird das Ladedruckregelventil teilweise offen gelassen, um den Ladedruck bereitzustellen, der benötigt wird, um den Motor bei höheren Lasten zu betreiben, während die CCRV-Öffnung gesteigert wird, um eine Ladedruck-Übersteigerung zu unterdrücken. Die Kombination einer aggressiven Ladedruckregelventil-Betätigung in Übereinstimmung mit der Öffnung des CCRV ermöglicht, dass der Ladedruck schnell zu dem gewünschten Ladedruckniveau (Diagramm **602**) hin angehoben wird. Beim Fehlen einer CCRV-Betätigung würde die aggressivere Ladedruckregelventil-Betätigung (von Diagramm **610**) zu einer Ladedruck-Übersteigerung von 25 bis 30 % führen. Um diesen Druckstoß zu verringern kann beim Fehlen einer CCRV-Betätigung das Ladedruckregelventil weniger aggressiv betätigt worden sein (wie bei Diagramm **612** gezeigt), was zu einem langsameren Erreichen des gewünschten Ladedrucks führt (wie bei Diagramm **604** gezeigt). Bei einem Beispiel ermöglicht die abgestimmte Verwendung des CCRV, dass das Ladedruckregelventil mit einer Rückkopplungsverstärkung betätigt wird, die 70 % höher ist (Diagramm **610**) als die ohne CCRV-Aktion verwendete Verstärkung (Diagramm **612**).

**[0063]** Durch das Steigern einer Öffnung des CCRV, während das Ladedruckregelventil mit einer höheren Verstärkungsabstimmung geschlossen wird, kann mehr verdichtete Luft zu dem Motoreinlass geleitet werden, was den Ladedruck steigert. Zusätzlich wird, durch das Öffnen des CCRV, eine Ladedruck-Übersteigerung unterdrückt. Die CCRV-Aktion wird dann auslaufen gelassen, nachdem sie auf Grund einer Hochpassfilterung des CCRV-Ausgangs eine Spitze erreicht. Dies verbessert nicht nur die Kraftstoffwirtschaftlichkeit, sondern verringert ebenfalls die Wahrscheinlichkeit eines Druckstoßes.

**[0064]** Die kombinierte Herangehensweise beschleunigt die Auswirkung der Ladedruckregelventil-Einstellung auf den Ladedruck, was die Zeit verbessert, die gebraucht wird, um dem Aufladungsbedarf zu entsprechen. Außerdem kann das CCRV mit einer niedrigeren Verstärkungsabstimmung geschlossen (da das CCRV bereits ein schnell wirkendes Stellorgan ist), um schnell den Ladedruck anzuheben, und danach auf eine nominelle Einstellung auf der Grundlage der Betriebsbedingungen eingestellt werden. Im Ergebnis der Kombination der Ladedruckregelventil- und der CCRV-Einstellungen kann das tatsächliche Aufladungsniveau (Diagramm **604**) bald nach  $t_1$  das gewünschte Aufladungsniveau erreichen.

**[0065]** Daher kann, falls das CCRV beeinträchtigt ist, das Motorsteuergerät die Einstellungen des Ladedruckregelventil-Regelkreises derart verändern, dass das Ladedruckregelventil mit einer niedrigeren Verstärkungsabstimmung eingestellt wird. Wie bei Diagramm **612** gezeigt, ermöglichen, wenn es mit einer niedrigeren Verstärkungsabstimmung betätigt wird, die Ladedruckregelventil-Einstellungen eine genaue Aufladungsregelung, wenn auch mit einer langsameren Ansprechgeschwindigkeit (Diagramm **604**).

**[0066]** Außerdem wird bei  $t_1$ , als Reaktion auf eine Bedieneranforderung, eine Ansaugdrosselöffnung gesteigert, um den Verteiler-Luftdurchfluss zu steigern (Diagramm **606**). Die kombinierte Verwendung von Ladedruckregelventil-Einstellungen und CCRV-Einstellungen führt zu weniger Verteiler-Durchflussmengenfehlern und daher weniger Aufladungs- und Drehmomentabgabefehlern. Wie durch ein Vergleichen der Diagramme **606** und **608** zu sehen ist, schneidet die Aktion des CCRV etwa 1/3 des Turbolochs ab, was ermöglicht, dass die gewünschte Drehmomentabgabe schnell erreicht wird.

**[0067]** Auf diese Weise können Einstellungen an einem Ladedruckregelventil und einem Verdichter-Rückführungsventil in komplementären Frequenzbändern dazu verwendet werden, eine schnellere und genauere Aufladungsregelung zu gewährleisten. Durch die Verwendung einer höheren Verstärkungseichung für das langsamer ansprechende Ladedruckregelventil wird die Ansprechzeit des Ladedruckregelventils auf Ladedruckveränderungen verbessert. Durch die Verwendung einer niedrigeren Verstärkungseichung für das schneller ansprechende Verdichter-Rückführungsventil werden Druckschwankungen gedämpft, und die Aufladungsübersteigerung wird verringert. Außerdem wird ein Verdichterpumpen vermieden. Durch das gleichzeitige Einstellen einer Ansaugdrosselklappe in dem aufgeladenen Bereich können Luftdurchflussmengenfehler, die sich aus der Ladedruckregelung ergeben, korrigiert und ausgeglichen werden, was sowohl eine Genauigkeit als auch eine Geschwindigkeit der Drehmomentabgabe in dem aufgeladenen Betriebsbereich verbessert. Insgesamt wird die aufgeladene Motorleistung verbessert, was Vorteile bei der Kraftstoffwirtschaftlichkeit gewährleistet.

**[0068]** Es ist zu bemerken, dass die hierin eingeschlossenen beispielhaften Steuerungs- und Abschätzungsroutinen mit verschiedenen Motor- und/oder Fahrzeug-Systemkonfigurationen verwendet werden können. Die hierin beschriebenen spezifischen Routinen können eine oder mehrere einer beliebigen Anzahl von Verarbeitungsstrategien, wie beispielsweise ereignisgesteuert, unterbrechungsgesteuert, Multitasking, Multithreading und dergleichen, verkörpern. Daher können verschiedene illustrierte Schritte, Operationen oder Funktionen in der illustrierten Folge, parallel ausgeführt oder in einigen Fällen weggelassen werden. Gleichfalls ist die Reihenfolge der Verarbeitung nicht notwendigerweise erforderlich, um die Merkmale und Vorteile der hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele zu erreichen, sondern wird zur einfachen Illustration und Beschreibung geliefert. Eine(r) oder mehrere der illustrierten Schritte oder Funktionen kann/können in Abhängigkeit von der besonderen verwendeten Strategie wiederholt ausgeführt werden. Ferner können die beschriebenen Schritte graphisch einen Code darstellen, der in das rechnerlesbare Speichermedium in dem Motorsteuerungssystem zu programmieren ist.

**[0069]** Es wird zu erkennen sein, dass die hierin offenbarten Konfigurationen und Verfahren von beispielhafter Beschaffenheit sind und dass diese spezifischen Ausführungsformen nicht in einem begrenzenden Sinn zu betrachten sind, weil zahlreiche Variationen möglich sind. Zum Beispiel kann die obige Technologie auf V6-, R4-, R6-, V12-, Boxer-4- und andere Motorentypen angewendet werden. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung schließt alle neuartigen und nicht offensichtlichen Kombinationen und Unterkombinationen der verschiedenen Systeme und Konfigurationen und andere hierin offenbarte Merkmale, Funktionen und/oder Eigenschaften ein.

**[0070]** Die folgenden Ansprüche heben bestimmte Kombinationen und Unterkombinationen besonders hervor, die als neuartig und nicht offensichtlich betrachtet werden. Diese Ansprüche können sich auf „ein“ Element oder „ein erstes“ Element oder das Äquivalent desselben beziehen. Solche Ansprüche sollten so verstanden werden, dass sie die Einbeziehung eines oder mehrerer solcher Elemente einschließen, wobei zwei oder mehr solcher Elemente weder erforderlich noch ausgeschlossen sind. Andere Kombinationen und Unterkombinationen der offenbarten Merkmale, Funktionen, Elemente und/oder Eigenschaften können durch Abänderung der vorliegenden Ansprüche oder durch die Vorlage von neuen Ansprüchen in dieser oder einer verwandten Anmeldung beansprucht werden. Solche Ansprüche, ob weiter, enger, gleich oder unterschiedlich im Rahmen gegenüber den ursprünglichen Ansprüchen, werden ebenfalls als innerhalb des Gegenstandes der vorliegenden Offenbarung eingeschlossen betrachtet.

### Patentansprüche

1. Verfahren für ein aufgeladenes Motorsystem, wobei das Verfahren Folgendes umfasst: das gleichzeitige Einstellen sowohl eines Ladedruckregelventils als auch eines Verdichter-Rückführungsventils und einer Ansaugdrosselklappe, um einen gewünschten Ladedruck und Verteiler-Luftdurchfluss bereitzustellen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verdichter-Rückführungsventil ein stufenlos einstellbares Rückführungsventil ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das gleichzeitige Einstellen Folgendes einschließt: das Einstellen des Ladedruckregelventils auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks, das Einstellen des Rückführungsventils auf der Grundlage einer Druckstoßgrenze und ferner auf der Grundlage eines Aufladungsfehlers, der sich aus den Ladedruckregelventil- und den Drosselklappeneinstellungen ergibt, und das Einstellen der Ansaugdrosselklappe auf der Grundlage eines Verteiler-Durchflussmengenfehlers, der sich aus den Ladedruckregelventil- und den Rückführungsventil-Einstellungen ergibt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Einstellen des Ladedruckregelventils auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks Folgendes einschließt: das Einstellen des Ladedruckregelventils in Vorwärtskopplung auf eine erste Stellung auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks, wobei das Ladedruckregelventil zu einer geschlosseneren ersten Stellung bewegt wird, wenn der gewünschte Ladedruck zunimmt, und das Einstellen des Ladedruckregelventils in Rückkopplung mit einer höheren Verstärkungsabstimmung von der ersten Stellung zu einer zweiten Stellung auf der Grundlage eines Fehlers zwischen dem Ladedruck, der sich aus der Vorwärtskopplungseinstellung ergibt, und dem gewünschten Ladedruck.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Einstellen des Rückführungsventils auf der Grundlage einer Druckstoßgrenze und ferner auf der Grundlage eines Aufladungsfehlers, der sich aus den Ladedruckregelventil-Einstellungen ergibt, Folgendes einschließt:

das Steigern der Öffnung des Rückführungsventils als Reaktion darauf, dass ein Verdichterverhältnis bei einer harten Druckstoßgrenze oder um dieselbe liegt, und

ferner das Einstellen der Öffnung des Rückführungsventils auf der Grundlage des Fehlers zwischen dem Ladedruck und dem gewünschten Ladedruck, der sich aus der Vorwärtskopplungs- und Rückkopplungseinstellung des Ladedruckregelventils und aus der Drosselklappenaktion zum Regulieren des Verteiler-Luftdurchflusses ergibt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Einstellen der Ansaugdrosselklappe Folgendes einschließt:

das Abschätzen einer gewünschten Verteiler-Durchflussmenge auf der Grundlage der Fahrer-Drehmomentanforderung,

das Abschätzen eines Verteiler-Durchflussmengenfehlers zwischen einer tatsächlichen Verteiler-Durchflussmenge, die sich aus der Ladedruckregelventil-Einstellung und der Rückführungsventil-Einstellung ergibt, und der gewünschten Verteiler-Durchflussmenge,

wenn der Verteiler-Durchflussmengenfehler ein positiver Fehler ist, das Vermindern der Öffnung der Ansaugdrossel und

wenn der Verteiler-Durchflussmengenfehler ein negativer Fehler ist, das Steigern der Öffnung der Ansaugdrossel.

7. Verfahren nach Anspruch 4, das ferner, als Reaktion auf eine Anzeige einer Beeinträchtigung des Rückführungsventils, das Verschieben der Rückkopplungseinstellung des Ladedruckregelventils von der höheren Verstärkungsabstimmung zu einer niedrigeren Verstärkungsabstimmung umfasst.

8. Verfahren für einen Motor, das Folgendes umfasst:

als Reaktion auf eine Aufladungsanforderung,

das Einstellen eines über eine Abgasturbine gekoppelten Ladedruckregelventils, um der Aufladungsanforderung zu entsprechen, und

das Einstellen eines über einen Ansaugverdichter gekoppelten stufenlos einstellbaren Rückführungsventils auf der Grundlage der Ladedruckregelventil-Einstellung und ferner auf der Grundlage von Aufladungsfehlern.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Einstellen des Ladedruckregelventils Folgendes einschließt:

das Einstellen des Ladedruckregelventils in Vorwärtskopplung an eine erste Stellung auf der Grundlage der Aufladungsanforderung,

das Einstellen des Ladedruckregelventils in Rückkopplung von der ersten Stellung auf der Grundlage eines Fehlers zwischen der tatsächlichen Aufladung und der Aufladungsanforderung.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Einstellen des Rückführungsventils Folgendes einschließt:

das Einstellen des Rückführungsventils in Vorwärtskopplung auf eine erste Stellung auf der Grundlage einer Verdichterauslass-Durchflussmenge, die sich aus der Ladedruckregelventil-Einstellung im Verhältnis zu sowohl einer harten Druckstoßgrenze als auch einer weichen Druckstoßgrenze des Verdichters ergibt, und

das Einstellen des Rückführungsventils in Rückkopplung von der ersten Stellung auf der Grundlage des Fehlers zwischen der tatsächlichen Aufladung und der Aufladungsanforderung.

11. Verfahren nach Anspruch 10, das ferner das Einstellen einer stromabwärts von dem Verdichter gekoppelten Ansaugdrosselklappe auf der Grundlage der Aufladungsanforderung und einer Ansaugverteiler-Luftdurchflussmenge umfasst.

12. Verfahren nach Anspruch 11, das ferner das fernere Einstellen des Rückführungsventils zum Ausgleichen von Ladedruck-Abweichungen auf Grund der Ansaugdrosselklappen-Einstellung umfasst.

13. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Einstellen des Ladedruckregelventils in Rückkopplung und das Einstellen des Rückführungsventils in Rückkopplung mit einer höheren Verstärkungsabstimmung durchgeführt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 11, das ferner das Empfangen einer Anzeige einer Beeinträchtigung der Verdichterrückführung und, als Reaktion auf die Anzeige, das Absenken der Rückkopplungseinstellung des Ladedruckregelventils umfasst.

15. Verfahren nach Anspruch 10, das ferner das Einstellen einer stromaufwärts von dem Verdichter gekoppelten Ansaugdrosselklappe auf der Grundlage einer Differenz zwischen der gewünschten Luftdurchflussmenge und dem tatsächlichen Ladedruck umfasst, wobei die gewünschte Luftdurchflussmenge auf einer Bediener-Drehmomentanforderung beruht.

16. Motorsystem, das Folgendes umfasst:

einen Motor, der einen Einlass und einen Auslass einschließt,  
einen Turbolader zum Bereitstellen einer aufgeladenen Luftfüllung für den Motor, wobei der Turbolader eine Abgasturbine und einen Ansaugverdichter einschließt,  
ein über die Turbine gekoppeltes Ladedruckregelventil,  
ein über den Verdichter gekoppeltes stufenlos einstellbares Rückführungsventil,  
eine an den Einlass gekoppelte Ansaugdrosselklappe, stromabwärts von dem Verdichter, und  
ein Steuergerät mit rechnerlesbaren Anweisungen für  
das Betreiben des Motorsystems in einem ersten Modus, in dem eine Stellung des Ladedruckregelventils, der Ansaugdrosselklappe und eine Stellung des Rückführungsventils eingestellt werden, um auf der Grundlage einer Bediener-Drehmomentanforderung einen gewünschten Ladedruck bereitzustellen, und  
das Betreiben des Motorsystems in einem zweiten Modus, in dem nur die Stellung des Ladedruckregelventils und der Ansaugdrossel eingestellt werden, um auf der Grundlage der Bediener-Drehmomentanforderung den gewünschten Ladedruck bereitzustellen.

17. System nach Anspruch 15, wobei das Steuergerät dafür konfiguriert ist, das Motorsystem als Reaktion auf keine Anzeige einer Beeinträchtigung des Rückführungsventils in dem ersten Modus zu betreiben, und das Motorsystem als Reaktion auf eine Anzeige einer Beeinträchtigung des Rückführungsventils in dem zweiten Modus zu betreiben.

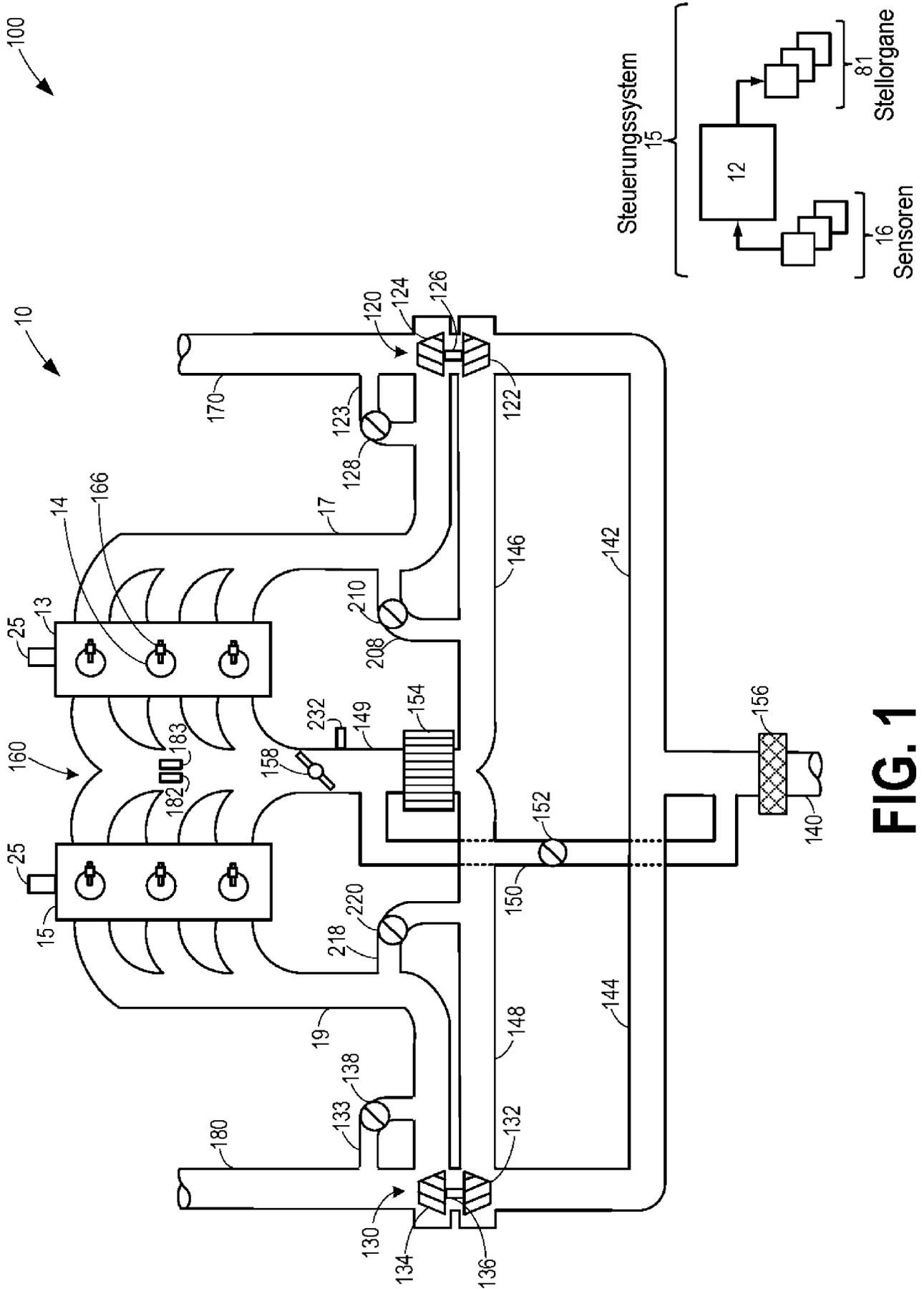
18. System nach Anspruch 15, wobei, wenn das Motorsystem in dem ersten Modus betrieben wird, die Stellung des Ladedruckregelventils mit einer höheren Verstärkungsabstimmung eingestellt wird, und, wenn das Motorsystem in dem zweiten Modus betrieben wird, die Stellung des Ladedruckregelventils mit einer niedrigeren Verstärkungsabstimmung eingestellt wird.

19. System nach Anspruch 15, wobei das Betreiben in dem ersten Modus Folgendes einschließt:  
das Einstellen des Ladedruckregelventils in Vorwärtskopplung auf eine erste Stellung auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks,  
das Einstellen des Ladedruckregelventils in Rückkopplung von der ersten Stellung auf der Grundlage eines Fehlers zwischen dem tatsächlichen Ladedruck, und dem gewünschten Ladedruck und  
das Einstellen der Drosselklappe auf eine Stellung auf der Grundlage eines Durchflussmengenfehlers zwischen einer Durchflussmenge auf der Grundlage des tatsächlichen Ladedrucks, der sich aus der Ladedruckregelventil- und Rückführungsventil-Einstellung ergibt, und einer Durchflussmenge auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks.

20. System nach Anspruch 18, wobei das Betreiben in dem zweiten Modus Folgendes einschließt:  
das Einstellen des Ladedruckregelventils in Vorwärtskopplung auf eine erste Stellung auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks,  
das Einstellen des Ladedruckregelventils in Rückkopplung von der ersten Stellung auf der Grundlage eines Fehlers zwischen dem tatsächlichen Ladedruck und dem gewünschten Ladedruck,  
das Einstellen des Rückführungsventils in Vorwärtskopplung zu einer zweiten Stellung auf der Grundlage einer Verdichter-Druckstoßgrenze,  
das Einstellen des Rückführungsventils in Rückkopplung von der zweiten Stellung auf der Grundlage eines Fehlers zwischen dem tatsächlichen Ladedruck, der sich aus der Ladedruckregelventil-Einstellung ergibt, und dem gewünschten Ladedruck und  
das Einstellen der Drosselklappe auf eine dritte Stellung auf der Grundlage eines Durchflussmengenfehlers zwischen einer Durchflussmenge auf der Grundlage eines tatsächlichen Ladedrucks, der sich aus den Ladedruckregelventil- und Rückführungsventil-Einstellungen ergibt, und einer Durchflussmenge auf der Grundlage des gewünschten Ladedrucks.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



**FIG. 1**

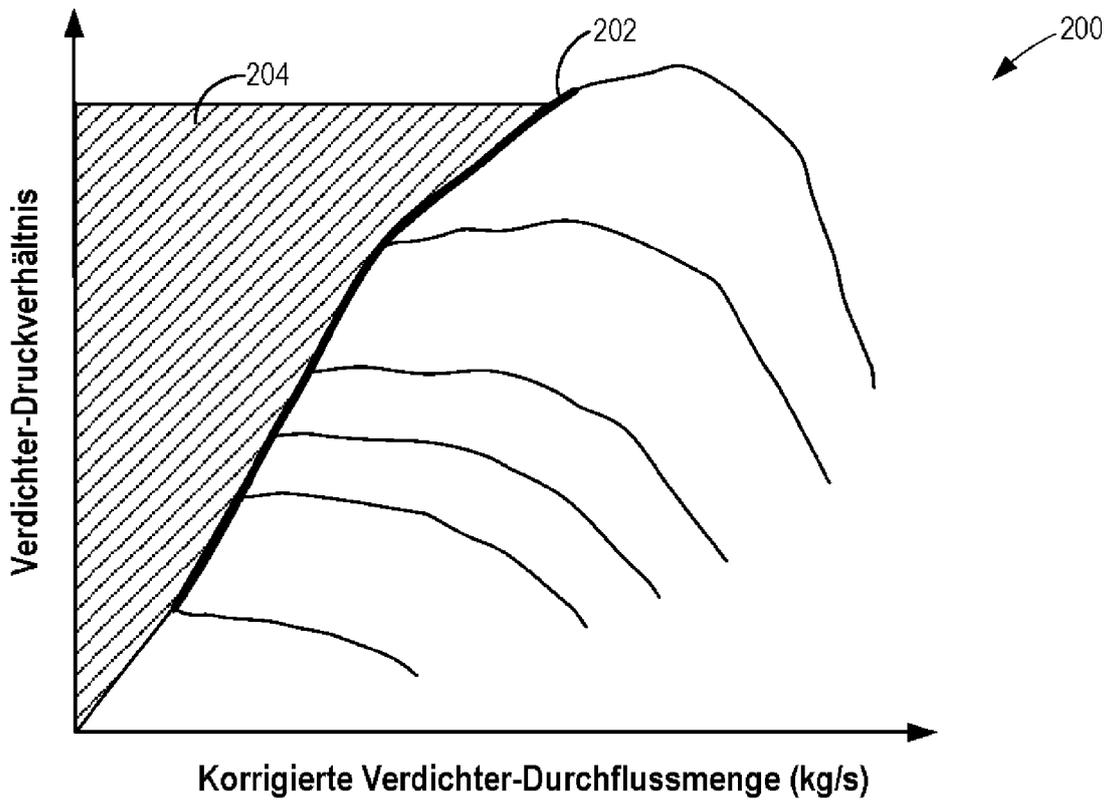


FIG. 2

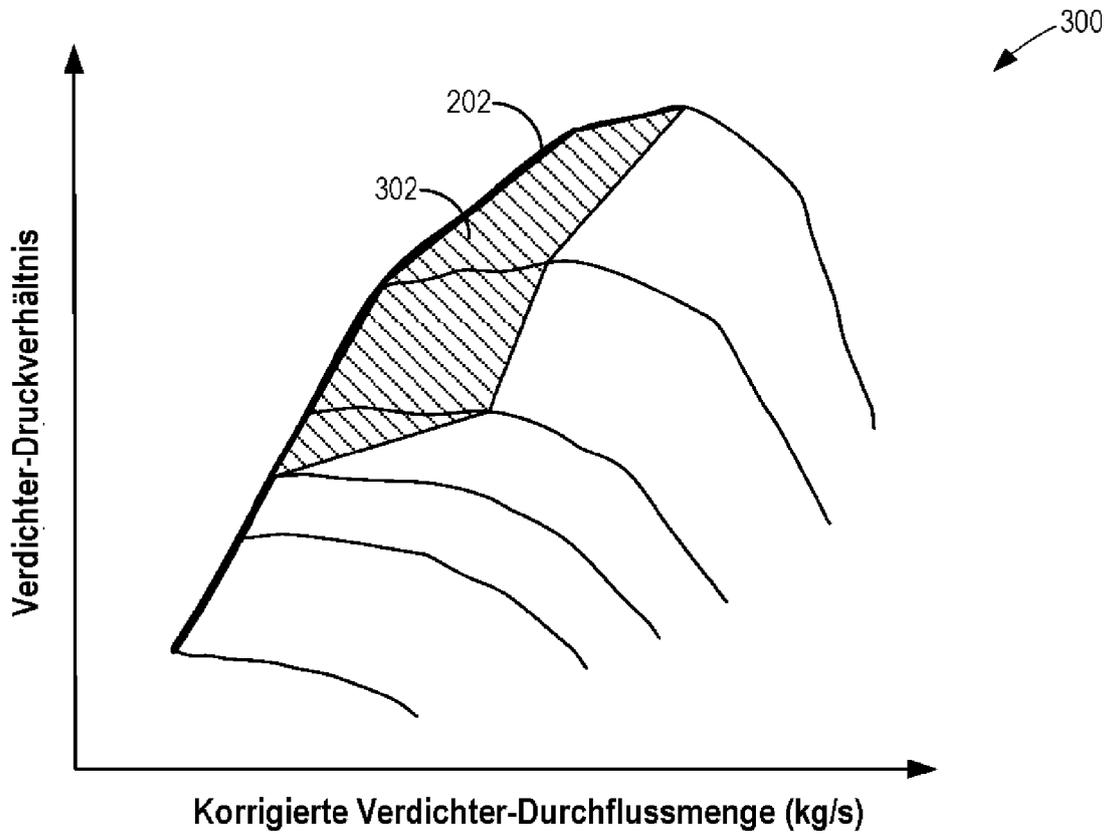
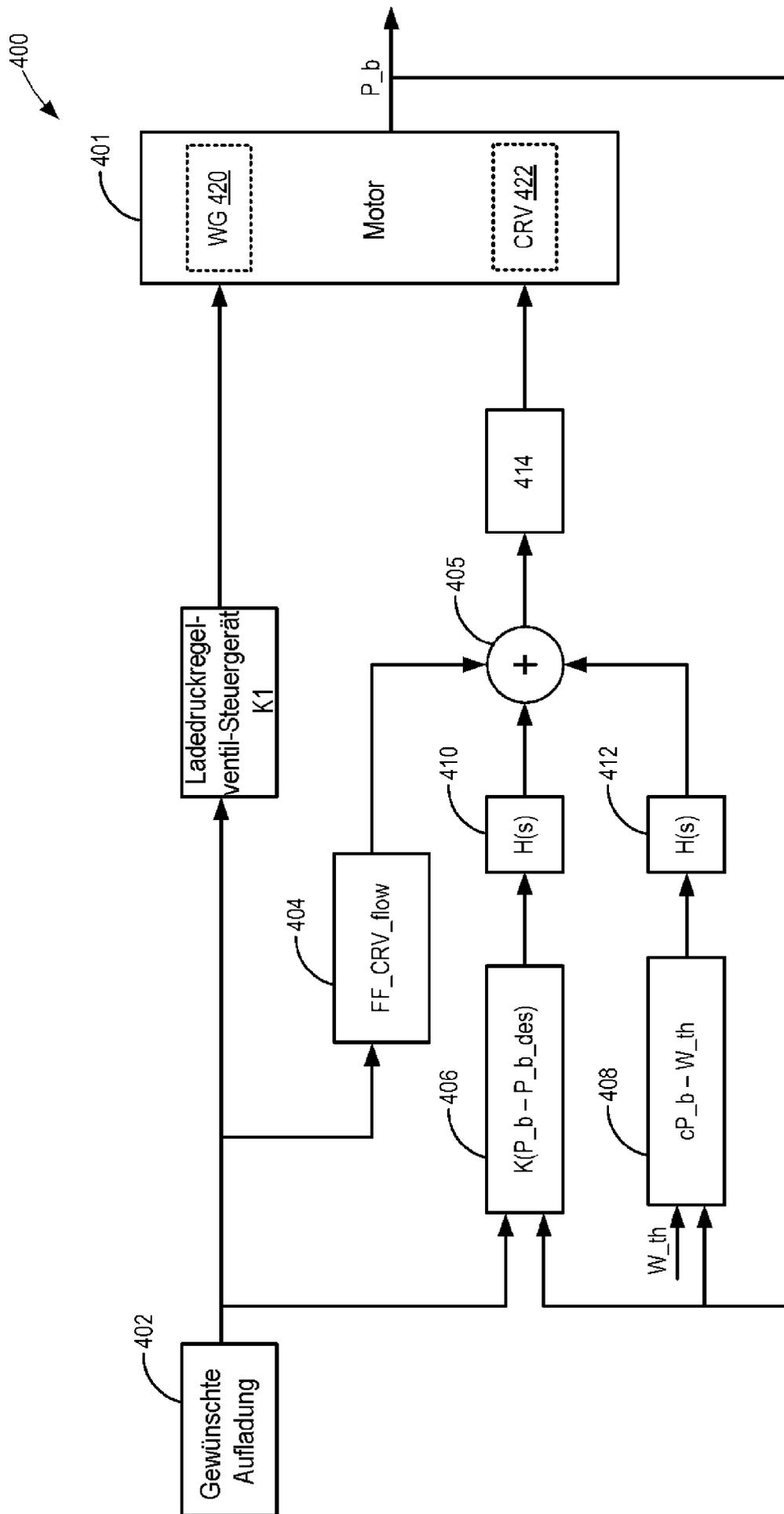


FIG. 3



**FIG. 4**

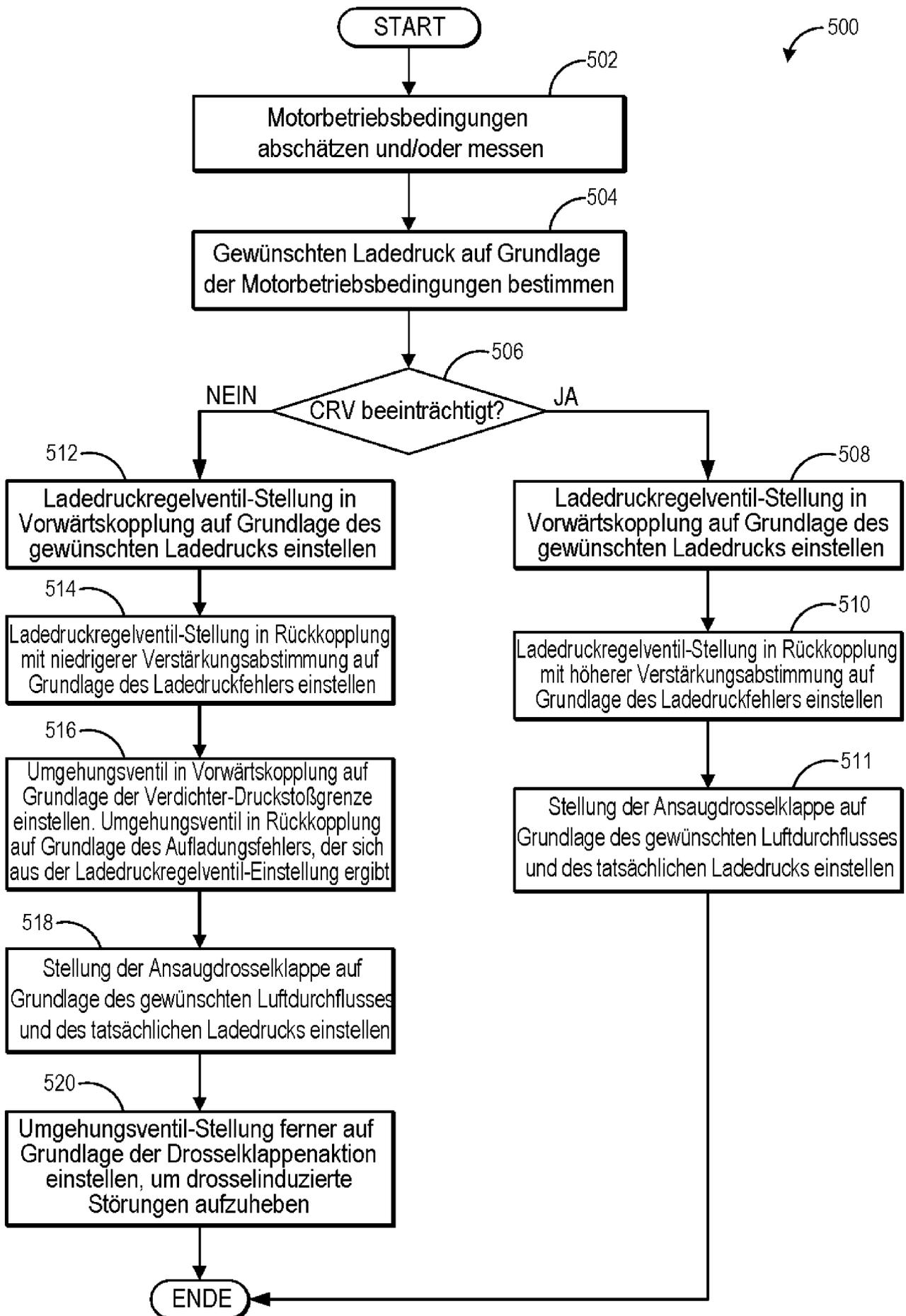


FIG. 5

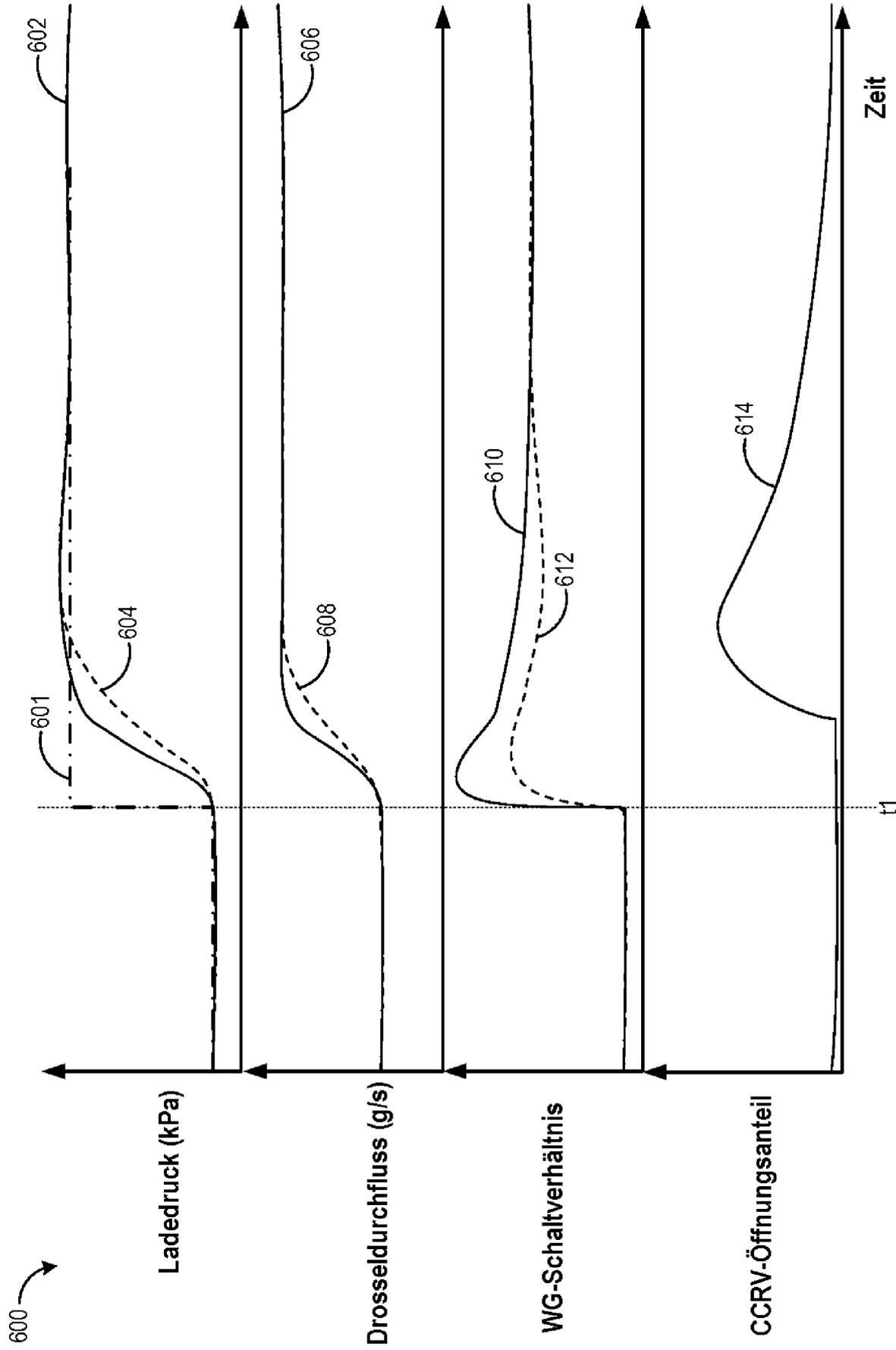


FIG. 6