



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 031 941 A1 2009.03.12

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 031 941.4

(22) Anmeldetag: 07.07.2008

(43) Offenlegungstag: 12.03.2009

(51) Int Cl.⁸: **F02D 41/18** (2006.01)
F02B 37/007 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
11/851,113 06.09.2007 US

(74) Vertreter:
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München

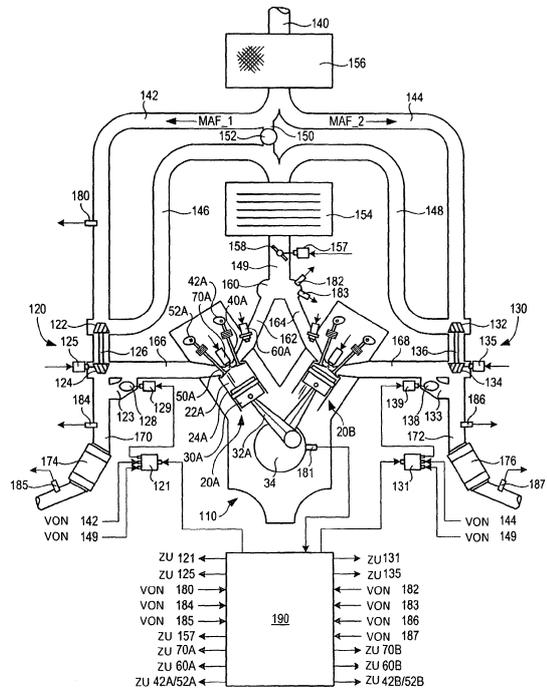
(71) Anmelder:
Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,
US

(72) Erfinder:
Farmer, David George, Plymouth, Mich., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Luftstromausgleich für ein Motorsystem mit Twin-Turboladung**

(57) Zusammenfassung: Als Beispiel ein Verfahren zum Betreiben eines Motorsystems, welches umfasst: einen ersten Lufteinlasskanalzweig mit einer ersten Verdichtungs- vorrichtung und einen zweiten Lufteinlasskanalzweig mit einer zweiten Verdichtungs- vorrichtung, wobei sowohl der erste Zweig als auch der zweite Zweig mittels eines gemeinsamen Einlasskanals mit mindestens einem Brenn- raum des Motors fluidverbunden sind; einen entlang des ersten Zweigs angeordneten ersten Sensor und mindes- tens einen entlang des gemeinsamen Einlasskanals ange- ordneten zweiten Sensor, wobei der erste Sensor ein Luft- massenmesser ist und wobei der zweite Zweig keinen Luft- massenmesser umfasst. Das Verfahren umfasst das Stei- gern des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig im Verhältnis zum Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig, wenn ein Betrag der Abnahme des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig mehr als die Hälfte eines Betrags einer entsprechenden Abnahme des kombinierten Luft- massenstroms ausmacht.



Beschreibung

Hintergrund und Kurzdarlegung

[0001] Manche Verbrennungsmotoren nutzen Ladevorrichtungen wie Turbolader, um den Luftmassenstrom durch den Motor zu verstärken, wodurch eine Zunahme der Arbeitsleistung des Motors möglich wird. Zum Beispiel kann ein Motor Twinturbolader in separaten parallelen Zweigen des Lufteinlasssystems des Motors nutzen, um dem Motor vermehrten Ladedruck zu bieten. Ein Problem bei Motoren mit Twin-Turboladung ist, dass die Menge an Luftmassenstrom, die von jedem der Turbolader vorgesehen werden kann, unausgeglichen werden kann. Zum Beispiel kann eine Degradation oder ein Ausfall eines Turboladers oder einer anderen Komponente der Abgasanlage oder Veränderungen der Komponenten des Motorsystems bewirken, dass einer der Turbolader einen größeren Teil des gesamten Luftstroms zum Motor vorsieht als der andere Turbolader. Unter diesen Bedingungen kann das Motorsystem daher Geräusch, Vibration und Rauheit (NVH, vom engl. Noise Vibration Harshness) erzeugen, verminderten Kraftstoffwirtschaftlichkeit aufweisen und/oder der Turbolader mit niedrigerem Luftstrom kann einen Verdichterpumpstoß erfahren und kann aufgrund des Ungleichgewichts von Luftstrom, der von jedem Turbolader vorgesehen wird, beschädigt werden.

[0002] Einige Vorgehensweisen, die auf das Lösen dieses Problems gerichtet sind, verwenden einen Luftmassenmesser in jedem Zweig des Lufteinlasssystems, um Luftstromungleichgewichte zu mindern, die sich aus Ungleichgewichten beim Turboladerbetrieb ergeben. Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung haben aber einige Probleme bei dieser Vorgehensweise festgestellt. Im Einzelnen kann die Verwendung und Nutzung von separaten Luftmassenmessern in jedem Lufteinlasszweig Kosten und Komplexität des Motorsystems steigen lassen. Ferner kann ein Ausfall oder eine Degradation eines der Luftmassenmesser die Fähigkeit beeinträchtigen, den Luftstrom durch jeden Zweig des Lufteinlasskanals auszugleichen.

[0003] Die vorstehenden Probleme können zum Beispiel durch ein Verfahren zum Betreiben eines Motorsystems angegangen werden, welches umfasst: einen ersten Lufteinlasskanalzweig mit einer ersten Verdichtungs Vorrichtung und einen zweiten Lufteinlasskanalzweig mit einer zweiten Verdichtungs Vorrichtung, wobei sowohl der erste Zweig als auch der zweite Zweig mittels eines gemeinsamen Einlasskanals mit mindestens einem Brennraum des Motors fluidverbunden sind, einen entlang des ersten Zweigs angeordneten ersten Sensor und mindestens einen entlang des gemeinsamen Einlasskanals angeordneten zweiten Sensor, wobei der erste Sensor ein Luftmassenmesser ist und wobei der zweite

Zweig keinen Luftmassenmesser umfasst, wobei das Verfahren das Steigern des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig im Verhältnis zum Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig umfasst, wenn ein Betrag der Abnahme des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig mehr als die Hälfte eines Betrags einer entsprechenden Abnahme des kombinierten Luftmassenstroms ausmacht.

[0004] Somit kann die Kombination aus Sensorausgaben eines Luftmassenmessers von nur einem der beiden Zweige und einer Ausgabe von einem oder mehreren Sensoren, die in einem kombinierten Strombereich des Einlasssystems angeordnet sind, zum Feststellen von Ungleichgewicht zwischen den beiden Zweigen verwendet werden. Auf diese Weise kann ein Ungleichgewicht des Luftmassenstroms zwischen zwei Zweigen eines Motoreinlasssystems, das zum Beispiel durch Schwankungen der Verdichterdrehzahl hervorgerufen werden kann, durch das Motorsteuergerät reduziert werden, während die Notwendigkeit eines zweiten Luftmassenmessers in jedem Zweig des Lufteinlasssystems beseitigt wird.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0005] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung eines beispielhaften Motorsystems, das zwei Turbolader umfasst.

[0006] [Fig. 2](#) zeigt ein Flussdiagramm, das eine beispielhafte Vorgehensweise zum Feststellen von Luftmassenstrom durch jeden Turbolader des Motorsystems darstellt.

[0007] [Fig. 3](#) zeigt ein Flussdiagramm, das eine beispielhafte Vorgehensweise zum Steuern des Motorsystems zum Verringern der Luftmassenstromdifferenz zeigt, die mit Hilfe der Vorgehensweise von [Fig. 2](#) festgestellt wurde.

[0008] [Fig. 4](#) zeigt ein Steuerdiagramm, das schematisch die Steuerstrategie von [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) darstellt.

Eingehende Beschreibung

[0009] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung eines beispielhaften Motorsystems **100**, das einen Mehrzylinder Verbrennungsmotor **110** und Twin-Turbolader **120** und **130** umfasst. Als nicht einschränkendes Beispiel kann das Motorsystem **100** als Teil eines Antriebssystems für ein Personenfahrzeug enthalten sein. Das Motorsystem **100** kann mittels eines Einlasskanals **140** Ansaugluft aufnehmen. Der Einlasskanal **140** kann einen Luftfilter **156** umfassen. Mindestens ein Teil der Ansaugluft (MAF₁) kann mittels eines ersten Zweigs des Einlasskanals **140** wie bei **142** gezeigt zu einer Verdichtungs Vorrichtung bzw. zu Verdichter **122** des Turboladers **120** geleitet

werden und mindestens ein Teil der Ansaugluft (MAF_2) kann mittels eines zweiten Zweigs des Einlasskanals **140** wie bei **144** gezeigt zu einem Verdichter **132** des Turboladers **130** geleitet werden.

[0010] Ein erster Teil der gesamten Ansaugluft (MAF_1) kann mittels Verdichter **122** verdichtet werden, wobei er mittels eines Lufteinlasskanals **146** dem Ansaugkrümmer **160** zugeführt werden kann. Somit bilden die Einlasskanäle **142** und **146** einen ersten Zweig des Lufteinlasssystems des Motors. Analog kann ein zweiter Teil der gesamten Ansaugluft (MAF_2) mittels Verdichter **132** verdichtet werden, wobei er mittels des Lufteinlasskanals **148** dem Ansaugkrümmer **160** zugeführt werden kann. Somit bilden die Einlasskanäle **144** und **148** einen zweiten Zweig des Lufteinlasssystems des Motors. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt kann die Ansaugluft von den Einlasskanälen **146** und **148** mittels eines gemeinsamen Einlasskanals **149** vor dem Erreichen des Ansaugkrümmers **160** wieder vereint werden. In manchen Beispielen kann der Ansaugkrümmer **160** einen Ansaugkrümmer-Drucksensor **182** und/oder einen Ansaugkrümmer-Temperatursensor **183** umfassen, die jeweils mit dem Steuersystem **190** kommunizieren. Der Einlasskanal **149** kann einen Luftkühler **154** und/oder eine Drossel **158** umfassen. Die Stellung der Drossel kann durch das Steuersystem mittels eines Drosselaktors **157**, der mit dem Steuersystem **190** kommunizierend verbunden ist, verstellt werden. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt kann ein Umgehungsventil **152** vorgesehen werden, um die Turbolader **120** und **130** mittels des Umgehungskanals **150** selektiv zu umgehen. Zum Beispiel kann das Umgehungsventil **152** öffnen, um ein Strömen durch den Umgehungskanal **150** zu ermöglichen, wobei der Ansaugluftdruck des kombinierten Luftstroms einen Grenzwert erreicht.

[0011] Der Motor **110** kann mehrere Zylinder umfassen, wovon zwei in [Fig. 1](#) als **20A** und **20B** gezeigt werden. Zu beachten ist, dass in manchen Beispielen der Motor **110** mehr als zwei Zylinder umfassen kann, beispielsweise 4, 5, 6, 8, 10 oder mehr Zylinder. Die Zylinder **20A** und **20B** können in manchen Beispielen identisch sein und identische Komponenten umfassen. Daher wird nur ein Zylinder **20A** näher beschrieben. Der Zylinder **20A** umfasst einen Brennraum **22A**, der durch Brennraumwände **24A** festgelegt ist. Ein Kolben **30A** ist in dem Brennraum **22A** angeordnet und ist mittels eines Kurbelarms **32A** mit einer Kurbelwelle **34** verbunden. Die Kurbelwelle **34** kann einen Motordrehzahlmesser **181** umfassen, der die Drehzahl der Kurbelwelle **34** feststellen kann. Der Motordrehzahlmesser **181** kann mit dem Steuersystem **190** kommunizieren, um eine Ermittlung von Motordrehzahl zu ermöglichen. Der Zylinder **20A** kann eine Zündkerze **70A** zum Liefern eines Zündfunken zum Brennraum **22A** umfassen. In manchen Beispielen kann aber auf die Zündkerze **70A** verzichtet werden, zum Beispiel wenn der Motor **110** dafür ausge-

legt ist, mittels Kompressionszündung Verbrennung vorzusehen. Der Brennraum **22A** kann ein Kraftstoffeinspritzventil **60A** umfassen, das in diesem Beispiel als kanalbasiertes Kraftstoffeinspritzventil ausgelegt ist. In manchen Beispielen kann das Kraftstoffeinspritzventil **60A** aber als Zylinder-Direkteinspritzventil ausgelegt sein.

[0012] Der Zylinder **20A** kann weiterhin mindestens ein Einlassventil **40A**, das mittels eines Einlassventilaktors **42A** betätigt wird, und mindestens ein Auslassventil **50A**, das mittels eines Auslassventilaktors **52A** betätigt werden kann, umfassen. Der Zylinder **20A** kann zwei oder mehr Einlassventile und/oder zwei oder mehr Auslassventile zusammen mit zugehörigen Ventilaktoren umfassen. In diesem bestimmten Beispiel sind die Aktoren **42A** und **52A** als Nockenaktoren ausgelegt, doch können in anderen Beispielen elektromagnetische Ventilaktoren verwendet werden. Der Einlassventilaktor **42A** kann betrieben werden, um das Einlassventil **40A** zu öffnen und zu schließen, um mittels des Einlasskanals **162**, der mit dem Ansaugkrümmer **160** in Verbindung steht, Ansaugluft in den Brennraum **22A** einzulassen. Analog kann der Auslassventilaktor **52A** betrieben werden, um das Auslassventil **50A** zu öffnen und zu schließen, um Verbrennungsprodukte aus dem Brennraum **22A** in den Auslasskanal **166** abzulassen. Auf diese Weise kann dem Brennraum **22A** mittels des Einlasskanals **162** Ansaugluft geliefert werden und Verbrennungsprodukte können mittels des Auslasskanals **166** aus dem Brennraum **22A** abgelassen werden.

[0013] Es versteht sich, dass der Zylinder **20B** oder andere Zylinder des Motors **110** die gleichen oder ähnliche Komponenten von Zylinder **20A** wie vorstehend beschrieben umfassen können. Somit kann dem Brennraum **22B** mittels des Einlasskanals **164** Ansaugluft geliefert werden und Verbrennungsprodukte können mittels des Auslasskanals **168** aus dem Brennraum **22B** abgelassen werden. Zu beachten ist, dass in manchen Beispielen eine erste Bank von Zylindern des Motors **110**, die den Zylinder **22A** sowie andere Zylinder umfasst, Verbrennungsprodukte mittels eines gemeinsamen Auslasskanals **166** ablassen kann und dass eine zweite Bank von Zylindern, die den Zylinder **22B** sowie andere Zylinder umfasst, Verbrennungsprodukte mittels eines gemeinsamen Auslasskanals **168** ablassen kann.

[0014] Verbrennungsprodukte, die von dem Motor **110** mittels des Auslasskanals **166** abgelassen werden, können durch eine Auslassturbine **124** des Turboladers **120** geleitet werden, die wiederum dem Verdichter **122** mittels der Welle **126** mechanische Arbeit liefern kann, um wie vorstehend beschrieben Verdichtung der Ansaugluft vorzusehen. Alternativ können ein Teil der oder die gesamten Abgase, die durch den Auslasskanal **166** strömen, die Turbine **124** mittels eines Turbinenumgehungskanals **123** umgehen,

was durch ein Ladedruckregelventil **128** gesteuert wird. Die Stellung des Ladedruckregelventils **128** kann durch Aktor **129** gesteuert werden, was durch das Steuersystem **190** gelenkt wird. Als nicht einschränkendes Beispiel kann das Steuersystem **190** die Stellung des Aktors **129** mittels eines Magnetventils **121** verstellen. In diesem bestimmten Beispiel empfängt das Magnetventil **121** eine Druckdifferenz zum Erleichtern der Betätigung des Ladedruckregelventils **128** mittels Aktor **129** aus der Differenz der Luftdrücke zwischen dem stromaufwärts des Verdichters **122** angeordneten Einlasskanal **142** und dem stromabwärts des Verdichters **122** angeordneten Einlasskanal **149**. Wie durch [Fig. 1](#) angezeigt steht das Steuersystem **190** mit dem Aktor **129** mittels des Magnetventils **121** in Verbindung. Es versteht sich aber, dass in anderen Beispielen andere geeignete Verfahrensweisen zum Betätigen des Ladedruckregelventils **128** verwendet werden können.

[0015] Analog können Verbrennungsprodukte, die von dem Motor **110** mittels des Auslasskanals **168** abgelassen werden, durch eine Auslasturbine **134** des Turboladers **130** geleitet werden, die wiederum dem Verdichter **132** mittels der Welle **136** mechanische Arbeit liefern kann, um wie vorstehend beschrieben Verdichtung der Ansaugluft vorzusehen, die durch den zweiten Zweig des Einlasssystems des Motors strömt. Alternativ können ein Teil der oder die gesamten Abgase, die durch den Auslasskanal **168** strömen, die Turbine **134** mittels eines Turbinenumgehungschanals **133** umgehen, was durch ein Ladedruckregelventil **138** gesteuert wird. Die Stellung des Ladedruckregelventils **138** kann durch Aktor **139** gesteuert werden, was durch das Steuersystem **190** gelenkt wird. Als nicht einschränkendes Beispiel kann das Steuersystem **190** die Stellung des Aktors **139** mittels eines Magnetventils **131** verstellen. In diesem bestimmten Beispiel empfängt das Magnetventil **131** eine Druckdifferenz zum Erleichtern der Betätigung des Ladedruckregelventils **138** mittels Aktor **139** aus der Differenz der Luftdrücke zwischen dem stromaufwärts des Verdichters **132** angeordneten Einlasskanal **144** und dem stromabwärts des Verdichters **132** angeordneten Einlasskanal **149**. Wie durch [Fig. 1](#) angezeigt steht das Steuersystem **190** mit dem Aktor **139** mittels des Magnetventils **131** in Verbindung. Es versteht sich aber, dass in anderen Beispielen andere geeignete Verfahrensweisen zum Betätigen des Ladedruckregelventils **138** verwendet werden können.

[0016] In manchen Beispielen können die Auslasturbinen **124** und **134** als Turbinen veränderlicher Geometrie ausgelegt sein, wodurch zugehörige Aktoren **125** und **135** zum Verstellen der Stellung der Schaufelradflügel der Turbine zum Verändern des Energiewerts, der aus dem Abgasstrom erhalten und auf deren jeweiligen Verdichter übertragen wird, verwendet werden. Das Steuersystem kann zum Bei-

spiel so ausgelegt werden, dass es die Geometrie der Abgasturbinen **124** und **134** mittels ihrer jeweiligen Aktoren **125** und **135** unabhängig verändert.

[0017] Verbrennungsprodukte, die durch einen oder mehrere Zylinder mittels des Auslasskanals **166** abgelassen werden, können mittels des Auslasskanals **170** an die Umgebung geleitet werden. Der Auslasskanal **170** kann eine Abgasmachbehandlungsvorrichtung, beispielsweise einen Katalysator **174**, und ein oder mehrere Abgassensoren umfassen, die zum Beispiel bei **184** und **185** gezeigt werden. Analog können Verbrennungsprodukte, die durch einen oder mehrere Zylinder mittels des Auslasskanals **168** abgelassen werden, mittels des Auslasskanals **172** an die Umgebung geleitet werden. Der Auslasskanal **172** kann eine Abgasmachbehandlungsvorrichtung, beispielsweise einen Katalysator **176**, und ein oder mehrere Abgassensoren umfassen, die zum Beispiel bei **186** und **187** gezeigt werden. Abgassensoren **184**, **185**, **186** und/oder **187** können mit dem Steuersystem **190** kommunizieren.

[0018] Das Motorsystem **100** kann verschiedene andere Sensoren umfassen. Zum Beispiel kann mindestens einer der Einlasskanäle **142** und **144** einen Luftmassenmesser umfassen. Ein Luftmassenmesser kann zum Beispiel ein Hitzdrahtanemometer oder eine andere geeignete Vorrichtung zum Messen der Massenstromrate der Ansaugluft umfassen. Als ein bestimmtes Beispiel umfasst ein erster Einlasskanalzweig **142** einen Luftmassenmesser **180**, der stromaufwärts des Verdichters **122** angeordnet ist, während ein zweiter Einlasskanalzweig **144** keinen Luftmassenmesser umfasst. Als weiteres Beispiel kann der Luftmassenmesser **180** alternativ entlang des Einlasskanals **144** stromaufwärts des Verdichters **132** angeordnet sein und kann beim Einlasskanal **142** weggelassen werden. Als weiteres Beispiel kann der Luftmassenmesser **180** entlang des Einlasskanals **146** stromabwärts des Verdichters **122** angeordnet sein. Als noch weiteres Beispiel kann ein Luftmassenmesser **180** entlang des Einlasskanals **148** stromabwärts des Verdichters **132** angeordnet sein. In manchen Beispielen kann aber die Degradationsrate des Luftmassenmessers größer sein, wenn der Sensor stromabwärts eines Verdichters statt stromaufwärts des Verdichters angeordnet ist, da von dem Verdichter Ölverunreinigungen in den Luftstrom ausgestoßen werden können. Somit umfasst wie hierin beschrieben das Motorsystem **100** in mindestens einigen Beispielen eine asymmetrische Anordnung, wobei ein Luftmassenmesser in nur einem Zweig des Einlasssystems des Motors angeordnet ist. Unabhängig von der jeweiligen Auslegung kann der Luftmassenmesser **180** mit dem Steuersystem **190** kommunizieren, wie in [Fig. 1](#) gezeigt wird.

[0019] Das Steuersystem **190** kann ein oder mehrere Steuergeräte umfassen, die zum Kommunizieren

mit den hierin beschriebenen verschiedenen Sensoren und Aktoren ausgelegt sind. Zum Beispiel kann das Steuersystem **190** mindestens ein elektronisches Steuergerät umfassen, das ein oder mehrere der folgenden umfasst: eine Eingangs-/Ausgangsschnittstelle zum Senden und Empfangen von elektronischen Signalen mit den verschiedenen Sensoren und Aktoren, eine Zentraleinheit, einen Speicher, beispielsweise einen Arbeitsspeicher (RAM), einen Festwertspeicher (ROM), einen batteriestromgestützten Speicher (KAM), die jeweils mittels eines Datenbusses kommunizieren können. Das Steuersystem **190** kann in manchen Beispielen einen Proportional-Integral-Differential(PID)-Regler umfassen. Es versteht sich aber, dass andere geeignete Steuergeräte verwendet werden können, wie für einen Fachmann im Hinblick auf die vorliegenden Offenbarung verständlich wird.

[0020] Das Steuersystem **190** kann so ausgelegt sein, dass einen oder mehrere Betriebsparameter des Motors auf einer Einzelzylinderbasis verändert. Zum Beispiel kann das Steuersystem die Ventilsteuerzeiten durch Nutzen eines Aktors für veränderliche Nockenzeitsteuerung (VCT, kurz vom engl. Variable Cam Timing), die Zündsteuerzeiten durch Verändern der Zeit, bei der der Zündkerze das Zündsignal geliefert wird, und/oder die Kraftstoffeinspritzsteuerzeiten und -menge durch Verändern der Pulsbreite des Kraftstoffeinspritzsignals, das dem Kraftstoffeinspritzventil durch das Steuersystem geliefert wird, verstellen, wie im Hinblick auf die vorliegende Offenbarung verständlich wird. Somit können die Zündsteuerzeiten, die Ventilsteuerzeiten und die Kraftstoffeinspritzsteuerzeiten durch das Steuersystem ausgelöst werden, wie unter Bezug auf [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) näher beschrieben wird.

[0021] Somit zeigt [Fig. 1](#) ein nicht einschränkendes Beispiel eines Motorsystems, das Twin-Turbolader umfasst, die einen asymmetrisch angeordneten Luftmassenmesser umfassen. Wie unter Bezug auf [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) beschrieben wird, kann der Luftmassenstrom durch jeden Zweig des Einlasskanals ermittelt werden, ohne dass ein Luftmassenmesser in jedem der Zweige angeordnet sein muss. Auf diese Weise kann auf einen Luftmassenmesser im Motorsystem **100** verzichtet werden, wodurch eine Kosteneinsparung möglich wird. Wenn alternativ jeder Zweig des Einlasskanals einen Luftmassenmesser umfasst, können die hierin beschriebenen Vorgehensweisen umgesetzt werden, um den Luftmassenstrom in jedem der Einlasszweige festzustellen, wenn ein Ausfall oder eine Degradation eines der Luftmassenmessers vorliegt. Ferner können die hierin beschriebenen Vorgehensweisen zur Diagnose verwendet werden, ob einer der beiden Luftmassenmesser schlechter geworden oder ausgefallen ist.

[0022] [Fig. 2](#) zeigt ein Flussdiagramm, das eine bei-

spielhafte Vorgehensweise zum Feststellen von Luftmassenstrom durch jeden Zweig des Lufteinlasssystems und somit den Luftmassenstrom durch jeden Turbolader des Motorsystems zeigt. Bei **210** kann der Luftmassenstrom (MAF_1) durch einen ersten Zweig des Lufteinlasssystems des Motors mittels eines Luftmassenmessers festgestellt werden. Zum Beispiel kann der Sensor **180**, der in einem der Lufteinlasszweige angeordnet ist, zum Feststellen des Luftmassenstroms durch seinen jeweiligen Zweig verwendet werden. Zum Beispiel kann der Luftmassenmesser **180** von dem Steuersystem **190** zum Ermitteln des Luftmassenstroms durch einen ersten Zweig des Motorsystems, der den Einlasskanal **142**, den Verdichter **122** und den Einlasskanal **146** umfasst, verwendet werden, wobei der Luftmassenmesser entlang des Einlasskanals **142** oder **146** angeordnet ist. Als weiteres Beispiel kann der Luftmassenmesser **180** von dem Steuersystem **190** verwendet werden, um den Luftmassenstrom durch den anderen Zweig des Einlasssystems des Motors zu ermitteln, der den Einlasskanal **144**, den Verdichter **132** und den Einlasskanal **148** umfasst, wobei der Luftmassenmesser stattdessen entlang eines der Einlasskanäle **144** oder **146** angeordnet ist.

[0023] Bei **220** kann der gesamte oder kombinierte Luftmassenstrom (MAF_Total) zum Motor mit Hilfe eines oder mehrerer von: Drehzahl-Dichte- oder Drehzahl-Drossel-Ansätze festgestellt werden. Zum Beispiel kann das Steuersystem den auf Drehzahl-Dichte basierenden Ansatz zum Feststellen des gesamten Luftmassenstroms zum Motor durch Feststellen des Drucks der Ansaugluft in dem Ansaugkrümmer mittels des Ansaugkrümmer-Drucksensors **182**, der Temperatur der Ansaugluft in dem Ansaugkrümmer mittels des Ansaugkrümmer-Temperatursensors **183** und der Drehzahl des Motors mittels des Drehzahlmessers **181** nutzen. Als weiteres Beispiel kann das Steuersystem den auf Drehzahl-Drossel basierenden Ansatz zum Feststellen des gesamten Luftmassenstroms zu dem Motor durch Feststellen der Stellung der Drossel **158** mittels des Drosselstellungssensors **157** und der Drehzahl des Motors mittels des Motordrehzahlmessers **181** nutzen. Als noch weiteres Beispiel kann das Steuersystem einen zusätzlichen Luftmassenmesser nutzen, der in dem Einlasskanal oder dem Ansaugkrümmer stromabwärts der Stelle, wo der Luftstrom durch den ersten und zweiten Zweig wiedervereint wird, angeordnet ist. Auf diese Weise kann der gesamte Luftmassenstrom zum Motor durch das Steuersystem durch Nutzen einer Kombination aus Ansaugkrümmerdruck, Motordrehzahl, Ansaugkrümmertemperatur und/oder Drosselstellung festgestellt werden. Zum Beispiel kann das Steuersystem eine Lookup-Tabelle oder ein Motorkennfeld, das im Speicher gespeichert ist, heranziehen, um den gesamten Luftmassenstrom als Reaktion auf Ansaugkrümmerdruck, Ansaugkrümmertemperatur, Motordrehzahl und/oder Drosselstellung

festzustellen.

[0024] Bei **230** kann der Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig des Einlassluftsystems des Motors als Differenz zwischen dem bei **220** festgestellten gesamten Luftmassenstrom und dem bei **210** festgestellten Luftstrom durch den ersten Zweig des Einlasssystems ermittelt werden, da der gesamte Luftmassenstrom zum Motor auf der Addierung der Luftmassenströme beruht, die sowohl vom ersten als auch vom zweiten Zweig vorgesehen werden. Zum Beispiel kann das Steuersystem den Massenstrom durch den zweiten Zweig des Einlassluftsystems des Motors beruhend auf folgender Gleichung als MAF_2 ermitteln:

$$\text{MAF}_2 = \text{MAF}_{\text{Total}} - \text{MAF}_1$$

[0025] Bei **240** kann die Differenz zwischen dem Luftmassenstrom durch den ersten Zweig und dem Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig des Lufteinlasssystems des Motors ermittelt werden. Zum Beispiel kann das Steuersystem die Luftmassenstromdifferenz beruhend auf einer der folgenden Gleichungen als MAF_Imbalance ermitteln:

$$\begin{aligned} \text{MAF}_{\text{Imbalance}} &= \text{MAF}_1 - \text{MAF}_2 \text{ or} \\ \text{MAF}_{\text{Imbalance}} &= \text{MAF}_2 - \text{MAF}_1 \end{aligned}$$

[0026] Wenn wie bei **250** gezeigt die Luftmassenstromdifferenz (MAF_Imbalance) kleiner als ein festgelegter Luftmassenstromdifferenzgrenzwert (MAF_Threshold) ist, dann kann die Routine zu **210** zurückkehren, wo durch das Steuersystem eine anschließende Überwachung der Luftmassenstromdifferenz zwischen den verschiedenen Zweigen des Lufteinlasssystems des Motors ausgeführt werden kann. Wenn alternativ die Luftmassenstromdifferenz (MAF_Imbalance) nicht kleiner als der festgelegte Luftmassenstromdifferenzgrenzwert (MAF_Threshold) ist, dann kann die Routine zu **260** vorrücken. Es versteht sich, dass das Steuersystem nicht nur die Größenordnung des Ungleichgewichts feststellen kann, sondern auch welcher Wert von MAF_1 und MAF_2 größer ist. Zum Beispiel kann das Steuersystem mit einem Sollwert oder einer Gruppe von Sollwerten ausgelegt werden, die (MAF_Threshold) darstellen, mit dem die Luftmassenstromdifferenz (MAF_Imbalance) verglichen wird. In manchen Beispielen kann MAF_Threshold mit den Betriebsbedingungen des Motors schwanken. MAF_Threshold kann auch von dem Steuersystem als Funktion des gesamten Luftmassenstroms zum Motor zugeordnet werden. MAF_Threshold kann zum Beispiel auf einer minimalen Differenz bzw. Verhältnis zwischen MAF_1 und MAF_2 beruhen. In anderen Beispielen kann MAF_Threshold über einer Vielzahl von Betriebsbedingungen konstant sein

[0027] Bei **260** kann eine Korrekturmaßnahme zum

Senken der Luftmassenstromdifferenz (MAF_Imbalance) auf unter den Differenzgrenzwert (MAF_Threshold) ergriffen werden. Das Steuersystem kann zum Beispiel den Luftmassenstrom durch den ersten Zweig im Verhältnis zum Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig anheben, wenn ein Betrag der Reduzierung des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig größer als die Hälfte eines Betrags einer entsprechenden Reduzierung des kombinierten Luftmassenstroms ist. Der Luftmassenstrom durch den ersten Zweig kann im Verhältnis zum Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig nur durch Anheben des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig, nur durch Senken des Luftmassenstroms durch den zweiten Zweig, durch sowohl Anheben des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig als auch durch Senken des Luftmassenstroms durch den zweiten Zweig, durch Anheben des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig in größerem Maß als ein Anheben des Luftmassenstroms durch den zweiten Zweig oder durch Reduzieren des Luftmassenstroms durch den zweiten Zweig in größerem Maße als eine Reduzierung des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig angehoben werden. Wenn aber ein konstanter kombinierter Luftstrom des ersten und des zweiten Zweigs beibehalten werden soll, kann das Steuersystem den Luftstrom durch den ersten Zweig im Verhältnis zum zweiten Zweig anheben, indem es den Luftmassenstrom durch den ersten Zweig um einen Betrag erhöht, der gleich einer Reduzierung des Luftmassenstroms durch den zweiten Zweig ist.

[0028] Als weiteres Beispiel kann das Steuersystem den Luftmassenstrom durch den ersten Zweig im Verhältnis zum Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig reduzieren, wenn ein Betrag der Zunahme des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig größer als die Hälfte eines Betrags einer entsprechenden Zunahme des kombinierten Luftmassenstroms ist. Der Luftmassenstrom durch den ersten Zweig kann im Verhältnis zum Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig reduziert werden, indem nur der Luftmassenstrom durch den ersten Zweig reduziert wird, nur der Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig angehoben wird, sowohl der Luftmassenstrom durch den ersten Zweig reduziert als auch der Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig angehoben wird, der Luftmassenstrom durch den ersten Zweig in größerem Maße als eine Reduzierung des Luftmassenstroms durch den zweiten Zweig reduziert wird oder der Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig in größerem Maße als eine Zunahme des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig angehoben wird. Wenn aber ein konstanter kombinierter Luftstrom des ersten und des zweiten Zweigs beibehalten werden soll, kann das Steuersystem den Luftstrom durch den ersten Zweig im Verhältnis zum zweiten Zweig reduzieren, indem es den Luftmassenstrom durch den ersten Zweig um einen Betrag reduziert, der gleich einer Zu-

nahme des Luftmassenstroms durch den zweiten Zweig ist.

[0029] Somit kann das Steuersystem den Luftmassenstrom durch einen oder beide der Zweige steuern, um auf Ungleichgewichte des Luftmassenstroms zwischen den beiden Zweigen durch Anpassen eines oder mehrerer Aktoren, die hierin beschrieben werden, zu reagieren. Das Steuersystem kann zum Beispiel einen Betriebsparameter der Turbine (z. B. Turbinengeometrie, Ladedruckregelventilstellung, etc.) verändern, um die Drehzahl des Verdichters anzuheben oder zu senken, wodurch der Luftmassenstrom durch den Zweig des Verdichters verändert wird. Der Luftmassenstrom durch den ersten Zweig kann zum Beispiel durch Anheben der Drehzahl des Verdichters, der entlang des ersten Zweigs angeordnet ist, angehoben werden und kann durch Senken der Drehzahl des Verdichters reduziert werden. Analog kann der Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig durch Anheben der Drehzahl des Verdichters, der entlang des zweiten Zweigs angeordnet ist, angehoben werden und kann durch Senken der Drehzahl des Verdichters reduziert werden. Unter Bezug auf [Fig. 3](#) werden verschiedene Vorgehensweisen zum Reduzieren von (MAF_Imbalance) näher beschrieben.

[0030] [Fig. 3](#) zeigt ein Flussdiagramm, das eine beispielhafte Vorgehensweise zum Steuern des Motorsystems zum Reduzieren der Luftmassenstromdifferenz zwischen verschiedenen Zweigen des Lufteinlasssystems des Motors darstellt. Bei **310** können die anfänglichen (z. B. aktuellen) Einstellungen des Aktors festgestellt werden. Das Steuersystem kann zum Beispiel den aktuellen Betriebszustand der verschiedenen Aktoren beurteilen, die mit den Turbolader-Ladedruckregelventilen, den Turbinen veränderlicher Geometrie, den Steuervorrichtungen für die Einlass- und Auslassventile etc. in Verbindung stehen.

[0031] Dann kann das Steuersystem einen oder mehrere der unter Bezug auf **320**, **330** und **340** beschriebenen Schritte ausführen, um das Ungleichgewicht zwischen den verschiedenen Zweigen des Lufteinlasssystems des Motors zu verringern. Wenn ein oder mehrere der Aktoren wie durch einen oder mehrere der Schritte von **320**, **330** und **340** angewiesen verstellt werden, kann das Steuersystem die Aktoreinstellungen bezüglich ihrer Steuergrenzwerte überwachen. Wenn einer der Aktoren seinen Steuergrenzwert erreicht hat (z. B. ist das Ladedruckregelventil vollständig geschlossen oder vollständig offen), dann kann das Steuersystem ein oder mehrere andere Aktoren verstellen, die noch nicht ihre Steuergrenzwerte erreicht haben, um die Luftmassenstromungleichgewichte zwischen den verschiedenen Lufteinlasszweigen des Motors weiter zu senken.

[0032] Bei **320** kann mindestens ein Ladedruckre-

gelventil verstellt werden, um den Luftmassenstrom des Einlasszweigs mit dem größeren Luftmassenstrom zu reduzieren und/oder den Luftmassenstrom des Einlasszweigs mit dem niedrigeren Massenstrom anzuheben. Das Steuersystem kann zum Beispiel die Öffnung des Ladedruckregelventils, das dem Turbolader zugeordnet ist, der für den höheren Luftmassenstrom verantwortlich ist, öffnen oder vergrößern, um den von dem Verdichter vorgesehenen Verdichtungswert zu senken, wodurch der diesem Zweig zugeordnete Luftmassenstrom reduziert wird. Alternativ oder zusätzlich kann das Steuersystem die Öffnung des Ladedruckregelventils, das dem Turbolader zugeordnet ist, der für den niedrigeren Luftmassenstrom verantwortlich ist, schließen oder verkleinern, um den von dem Verdichter vorgesehenen Verdichtungswert anzuheben, wodurch der diesem Zweig zugeordnete Luftmassenstrom angehoben wird. Zu beachten ist, dass, wenn eines der Ladedruckregelventile seinen Steuergrenzwert erreicht hat und eine zusätzliche Anpassung des Luftmassenstroms erwünscht ist, das Steuersystem das andere Ladedruckregelventil neben anderen Aktoren, die unter Bezug auf die Schritte **320**, **330** und **340** beschrieben werden, weiter anpassen kann, wenn sie ihren Steuergrenzwert noch nicht erreicht haben.

[0033] Bei **330** kann die Geometrie mindestens einer der Auslassturbinen angepasst werden, um den Luftmassenstrom des Lufteinlasszweigs mit dem größeren Luftmassenstrom zu reduzieren und/oder den Luftmassenstrom des Lufteinlasszweigs mit dem niedrigeren Massenstrom anzuheben. Das Steuersystem kann zum Beispiel die Schaufelradgeometrie der Turbine anpassen, um die Umwandlung der in den Abgasen enthaltenen Energie in kinetische Energie zu verstärken, die dem Verdichter zugeführt werden kann, der dem Zweig mit niedrigeren Luftmassenstrom zugeordnet ist, wodurch der dem Motor durch diesen Zweig gelieferte Luftmassenstrom mittels höherer Verdichtung angehoben wird. Alternativ oder zusätzlich kann das Steuersystem die Schaufelradgeometrie der Turbine anpassen, um die Umwandlung der in den Abgasen enthaltenen Energie in kinetische Energie zu verringern, die dem Verdichter zugeführt werden kann, der dem Zweig mit höheren Luftmassenstrom zugeordnet ist, wodurch der diesem Zweig zugeordnete Luftmassenstrom mittels niedrigerer Verdichtung reduziert wird. Zu beachten ist, dass, wenn einer der Aktoren der Turbine veränderlicher Geometrie seinen Steuergrenzwert erreicht hat und eine zusätzliche Anpassung des Luftmassenstroms erwünscht ist, das Steuersystem die andere Turbine veränderlicher Geometrie neben anderen Aktoren, die unter Bezug auf die Schritte **320**, **330** und **340** beschrieben werden, weiter anpassen kann, wenn sie ihren Steuergrenzwert noch nicht erreicht haben.

[0034] Bei **340** können ein oder mehrere Betrieb-

sparameter mindestens einer Zylindergruppe (z. B. einschließlich eines oder mehrerer Zylinder des Motors) angepasst werden, um den Luftmassenstrom des Lufteinlasszweigs mit dem größeren Luftmassenstrom zu reduzieren und/oder den Luftmassenstrom des Lufteinlasszweigs mit dem niedrigeren Luftmassenstrom anzuheben. Zum Beispiel kann das Steuersystem die Ventilsteuerzeiten, die Zündsteuerzeiten, die Kraftstoffmenge oder die Kraftstoffeinspritzsteuerzeiten in Verbindung mit einer Gruppe von Zylindern verändern, um den Betrag an Abgasenergie anzuheben oder zu senken, der ihren jeweiligen Abgasturbinen geliefert wird. Das Steuersystem kann zum Beispiel die Abgasenergie anheben, die einer Turbine geliefert wird, die einem Zweig niedrigeren Luftmassenstroms zugeordnet ist, um die von dem Verdichter vorgesehene Verdichtung anzuheben, was wiederum den von dem jeweiligen Zweig des Lufteinlasssystems vorgesehenen Luftmassenstrom anheben kann. Alternativ oder zusätzlich kann das Steuersystem die Abgasenergie reduzieren, die einer Turbine geliefert wird, die dem Zweig größeren Luftmassenstroms zugeordnet ist, um die von dem Verdichter vorgesehene Verdichtung zu senken, was wiederum den von dem jeweiligen Zweig des Lufteinlasssystems vorgesehenen Luftmassenstrom reduzieren kann. Zu beachten ist, dass, wenn einer der Aktoren, einschließlich der Einlass- und Auslassventilaktoren, der Zündvorrichtung oder des Kraftstoffeinspritzventils, seinen Steuergrenzwert erreicht hat und eine zusätzliche Anpassung des Luftmassenstroms erwünscht ist, das Steuersystem die Betriebsparameter in Verbindung mit anderen Zylindern neben den anderen Aktoren, die unter Bezug auf die Schritte **320**, **330** und **340** beschrieben werden, weiter anpassen kann, wenn sie ihren Steuergrenzwert noch nicht erreicht haben.

[0035] Bei **350** kann festgestellt werden, ob die Aktoren, die zum Verringern des Luftmassenstromungleichgewichts dienen, ihre jeweiligen Steuergrenzwerte erreicht haben. Lautet die Antwort Nein, kann die Routine zurückgehen, um nach Anweisung durch das Steuersystem eine zusätzliche Reduzierung von Luftmassenstromungleichgewicht mittels eines oder mehrerer von **320**, **330** oder **340** vorzusehen. Wenn alternativ die Antwort bei **350** Ja lautet, kann das Steuersystem anzeigen, dass der Turbolader, der dem Zweig niedrigeren Luftmassenstroms zugeordnet ist, ausgefallen oder schlechter geworden ist. Das Steuersystem kann zum Beispiel dem Fahrzeugfahrer oder Werkstattpersonal einen Hinweis auf Degradation oder Ausfall des Turboladers oder Ladedruckregelventils geben und/oder kann ggf. den Betrieb des Motors deaktivieren, um eine Beschädigung, die andernfalls auftreten kann, zu verringern.

[0036] **Fig. 4** zeigt ein Steuerdiagramm, das schematisch die Steuerstrategie von **Fig. 2** und **Fig. 3** darstellt. Wie in **Fig. 4** gezeigt können zum Beispiel

Ausgaben von einer Kombination von Sensoren, beispielsweise dem Luftmassenmesser, dem Motordrehzahlmesser, dem Ansaugkrümmerdrucksensor, dem Ansaugkrümmertemperatursensor, dem Drosselstellungssensor etc., von dem Steuersystem genutzt werden, um den gesamten Luftmassenstrom zum Motor (MAF_Total) und den Luftmassenstrom eines einzelnen Zweigs des Einlassluftsystems des Motors (MAF_1) zu ermitteln, wie unter Bezug auf **Fig. 2–Fig. 4** beschrieben wird. Die Differenz zwischen MAF_Total und MAF_1 kann ermittelt werden, um den Luftmassenstrom (MAF_2) durch den zweiten Zweig des Lufteinlasssystems des Motors zu schätzen, ohne dass unbedingt ein Luftmassenstromsignal von einem Luftmassenstromsensor vorgesehen werden muss, der in dem zweiten Zweig angeordnet ist.

[0037] Die Differenz zwischen MAF_1 und MAF_2 kann zum Ermitteln des Ausmaßes der Luftmassenstromdifferenz (MAF_Imbalance) zwischen den verschiedenen Zweigen des Lufteinlasssystems des Motors genutzt werden. Beruhend auf Betriebsbedingungen kann eine Grenzwertluftmassenstromdifferenz (MAF_Threshold) gewählt werden, kann auf einem festen Wert basieren oder kann auf einem Verhältnis von MAF_1 und MAF_2 basieren. Die Differenz zwischen MAF_Imbalance und MAF_Threshold kann als Fehler ermittelt werden, auf den das Steuersystem durch Verstellen eines oder mehrerer Aktoren des Motorsystems reagiert, wie unter Bezug auf **Fig. 3** beschrieben ist. Der sich aus den Verstellungen der Aktoren ergebende Luftmassenstrom kann durch einen oder mehrere der vorstehend beschriebenen Sensoren festgestellt werden, da der Prozess wiederholt werden kann. Auf diese Weise können Ungleichgewichte zwischen dem Luftstrom, der dem Motor mittels zweier separater Zweige, die jeweils einen Turbolader umfassen, geliefert wird, festgestellt werden und es kann eine geeignete Steuerstrategie implementiert werden, um das Ungleichgewicht zu reduzieren.

[0038] Somit können ein oder mehrere der hierin beschriebenen verschiedenen Verfahrensweisen verwendet werden, um Luftmassenstromungleichgewicht zwischen verschiedenen Zweigen des Einlasssystems des Motors während Bedingungen zu reduzieren, bei denen nur einer der Zweige einen Luftmassenmesser umfasst oder bei denen ein Luftmassenmesser, der einem der Zweige zugeordnet ist, ausgefallen ist oder schlechter geworden ist. Auf diese Weise können durch Verringern des Luftmassenstromungleichgewichts als Reaktion auf eine detektierte Änderung in einem von: kombiniertem Luftmassenstrom (MAF_Total) und dem Luftmassenstrom durch den ersten Zweig (MAF_1) Geräusch, Vibration und/oder Rauheit (NVH) des Motors verringert und/oder die Kraftstoffwirtschaftlichkeit verbessert werden.

[0039] Zu beachten ist, dass die hierin enthaltenen Steuer- und Schätzroutinen mit verschiedenen Motor- und/oder Fahrzeugsystemkonfigurationen verwendet werden können. Die hierin beschriebenen spezifischen Routinen können eine oder mehrere einer Reihe von Verarbeitungsstrategien darstellen, beispielsweise ereignisgesteuert, unterbrechungssteuert, Multitasking, Multithreading und dergleichen. Daher können verschiedene gezeigte Schritte, Betriebe oder Funktionen in der gezeigten Abfolge oder parallel ausgeführt oder in manchen Fällen ausgelassen werden. Analog ist die Reihenfolge der Verarbeitung nicht unbedingt erforderlich, um die Merkmale und Vorteile der hier beschriebenen beispielhaften Ausführungen zu verwirklichen, wird aber zur besseren Veranschaulichung und Beschreibung vorgesehen. Ein oder mehrere der gezeigten Schritte oder Funktionen können abhängig von der jeweils eingesetzten Strategie wiederholt ausgeführt werden. Weiterhin können die beschriebenen Schritte einen in ein maschinenlesbares Speichermedium in dem Motorsteuersystem einzuprogrammierenden Code graphisch darstellen. Es versteht sich, dass die hierin enthaltenen offenbarten Auslegungen und Routinen beispielhafter Natur sind und dass diese spezifischen Ausführungsformen nicht einschränkend zu betrachten sind, da zahlreiche Abänderungen möglich sind. Die vorstehende Technologie kann zum Beispiel auf V-6, I-4, I-6, V-12, Gegenkolben- und andere Motortypen angewendet werden. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung umfasst alle neuartigen und nicht nahe liegenden Kombinationen und Unterkombinationen der verschiedenen Systeme und Konfigurationen sowie andere Merkmale, Funktionen und/oder Eigenschaften, die hier offenbart werden.

[0040] Die folgenden Ansprüche zeigen insbesondere bestimmte Kombinationen und Unterkombinationen auf, welche als neuartig und nicht nahe liegend betrachtet werden. Diese Ansprüche können auf „ein“ Element oder „ein erstes“ Element oder eine Entsprechung desselben verweisen. Diese Ansprüche sind so zu verstehen, dass sie das Integrieren eines oder mehrerer solcher Elemente umfassen, wobei sie zwei oder mehrere dieser Elemente weder fordern noch ausschließen. Andere Kombinationen und Unterkombinationen der offenbarten Merkmale, Funktionen, Elemente und/oder Eigenschaften können durch Abänderung der vorliegenden Ansprüche oder durch Vorlage neuer Ansprüche in dieser oder einer verwandten Anmeldung beansprucht werden. Solche Ansprüche werden, ob sie nun gegenüber dem Schutzzumfang der ursprünglichen Ansprüche breiter, enger, gleich oder unterschiedlich sind, ebenfalls als im Gegenstand der vorliegenden Offenbarung enthalten betrachtet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Motorsystems,

das umfasst: einen ersten Lufteinlasskanalzweig mit einer ersten VerdichtungsVorrichtung und einen zweiten Lufteinlasskanalzweig mit einer zweiten VerdichtungsVorrichtung, wobei sowohl der erste Zweig als auch der zweite Zweig mittels eines gemeinsamen Einlasskanals mit mindestens einem Brennraum des Motors fluidverbunden sind, einen entlang des ersten Zweigs angeordneten ersten Sensor und mindestens einen entlang des gemeinsamen Einlasskanals angeordneten zweiten Sensor, wobei der erste Sensor ein Luftmassenmesser ist und wobei der zweite Zweig keinen Luftmassenmesser umfasst, wobei das Verfahren umfasst:

das Steigern des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig im Verhältnis zum Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig, wenn ein Betrag der Abnahme des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig mehr als die Hälfte eines Betrags einer entsprechenden Abnahme des kombinierten Luftmassenstroms ausmacht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, welches weiterhin das Reduzieren des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig im Verhältnis zum Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig umfasst, wenn ein Betrag der Zunahme des Luftmassenstroms durch den ersten Zweig größer als die Hälfte eines Betrags einer entsprechenden Zunahme des kombinierten Luftmassenstroms ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftmassenstrom durch den ersten Zweig basierend auf einer Ausgabe des ersten Sensors ermittelt wird und dass der kombinierte Luftmassenstrom basierend auf einer Ausgabe mindestens des zweiten Sensors ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Sensor zum Erfassen von Druck in dem gemeinsamen Einlasskanal ausgelegt ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der kombinierte Luftmassenstrom weiterhin basierend auf einer von einem dritten Sensor erfassten Drehzahl des Motors ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftmassenstrom durch den ersten Zweig durch Verändern einer Drehzahl der ersten VerdichtungsVorrichtung angepasst wird und dass der Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig durch Verändern einer Drehzahl der zweiten VerdichtungsVorrichtung angepasst wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste VerdichtungsVorrichtung mit einer ersten Auslassturbine verbunden ist, die in einem ersten Auslasskanal des Motors angeordnet ist, und die zweite VerdichtungsVorrichtung mit einer

zweiten Auslassturbine verbunden ist, die in einem zweiten Auslasskanal des Motors angeordnet ist; und dass die Drehzahl der ersten Verdichtungs- vorrichtung durch Anpassen einer Geometrie der ersten Turbine verändert wird und die Drehzahl der zweiten Verdichtungs- vorrichtung durch Anpassen einer Geometrie der zweiten Turbine verändert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Verdichtungs- vorrichtung mit einer ersten Auslassturbine verbunden ist, die in einem ersten Auslasskanal des Motors angeordnet ist, und die zweite Verdichtungs- vorrichtung mit einer zweiten Auslassturbine verbunden ist, die in einem zweiten Auslasskanal des Motors angeordnet ist; und dass die Drehzahl der ersten Verdichtungs- vorrichtung durch Anpassen eines Stroms von Abgasen durch die erste Turbine verändert wird und die Drehzahl der zweiten Verdichtungs- vorrichtung durch Anpassen eines Stroms von Abgasen durch die zweite Turbine verändert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom an Abgasen durch die erste Turbine durch Verändern einer Stellung eines ersten Ladedruckregelventils angepasst wird und dass der Strom von Abgasen durch die zweite Turbine durch Verändern einer Stellung des zweiten Ladedruckregelventils angepasst wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftmassenstrom durch den ersten Zweig im Verhältnis zum Luftmassenstrom durch den zweiten Zweig durch Anheben der Drehzahl der ersten Verdichtungs- vorrichtung im Verhältnis zur Drehzahl der zweiten Verdichtungs- vorrichtung angehoben wird.

11. Verfahren zum Betreiben eines Motorsystems, das ein Lufteinlasssystem mit zwei Zweigen umfasst, wobei jeder Zweig eine Luftverdichtungs- vorrichtung umfasst und wobei das Motorsystem weiterhin einen asymmetrisch angeordneten Luftmassenstromsensor umfasst, der in nur einem der beiden Zweige des Lufteinlasssystems angeordnet ist, wobei das Verfahren umfasst:

Betreiben der ersten Luftverdichtungs- vorrichtung, um dem Motor mittels des ersten Zweigs Ansaugluft zu liefern;

Betreiben der zweiten Luftverdichtungs- vorrichtung, um dem Motor mittels des zweiten Zweigs Ansaugluft zu liefern; und

Verändern einer relativen Menge der dem Motor mittels des ersten und zweiten Zweigs gelieferten Ansaugluft basierend auf einer Ausgabe des Luftmassenmessers.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die relative Menge an Ansaugluft, die dem Motor mittels des ersten und zweiten

Zweigs geliefert wird, durch Anpassen einer Drehzahl mindestens einer von erster und zweiter Verdichtungs- vorrichtung verändert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Verdichtungs- vorrichtung mit einer ersten Abgasturbine verbunden ist, die in einem ersten Abgasstrom des Motors angeordnet ist, und dass die zweite Verdichtungs- vorrichtung mit einer zweiten Abgasturbine verbunden ist, die in einem zweiten Abgasstrom des Motors angeordnet ist; und dass die relative Menge von Ansaugluft durch Anpassen eines Betriebsparameters mindestens einer von erster Turbine und zweiter Turbine verändert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Betriebsparameter eine Abgasmenge umfasst, die die erste Turbine oder zweite Turbine umgeht.

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Betriebsparameter eine Geometrie mindestens einer von erster Turbine und zweiter Turbine umfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Verändern der relativen Menge der dem Motor mittels des ersten und zweiten Zweigs gelieferten Ansaugluft ferner auf einer Ausgabe mindestens eines von: einem Motordrehzahlmesser, der mit einer Abtriebswelle des Motors verbunden ist, und einem Drucksensor, der mit einem gemeinsamen Ansaugkrümmer des ersten und zweiten Zweigs verbunden ist, und auf der Stellung einer Drossel des Motors beruht.

17. Motorsystem, welches umfasst:
ein Lufteinlasssystem mit einem ersten Zweig und einem zweiten Zweig, wobei nur der erste Zweig einen Luftmassenmesser umfasst und der zweite Zweig keinen Luftmassenmesser umfasst;
eine entlang des ersten Zweigs angeordnete erste Verdichtungs- vorrichtung;
eine entlang des zweiten Zweigs angeordnete zweite Verdichtungs- vorrichtung;
einen Luftansaugkrümmer in Fluidverbindung sowohl mit dem ersten als auch dem zweiten Zweig;
einen in dem Ansaugkrümmer angeordneten zweiten Sensor; und
einen Verbrennungsmotor, der mindestens einen ersten Verbrennungs- zylinder und einen zweiten Verbrennungs- zylinder in Fluidverbindung mit dem Luftansaugkrümmer umfasst.

18. System nach Anspruch 17, welches weiterhin ein dafür ausgelegtes Steuersystem umfasst, als Reaktion auf eine Ausgabe mindestens des Luftmassenmessers und des zweiten Sensors eine Drehzahl der ersten Verdichtungs- vorrichtung im Verhältnis zu

einer Drehzahl der zweiten Verdichtungsanordnung zu verändern; wobei sowohl der Luftmassenmesser als auch der zweite Sensor mit dem Steuersystem kommunizierend verbunden sind.

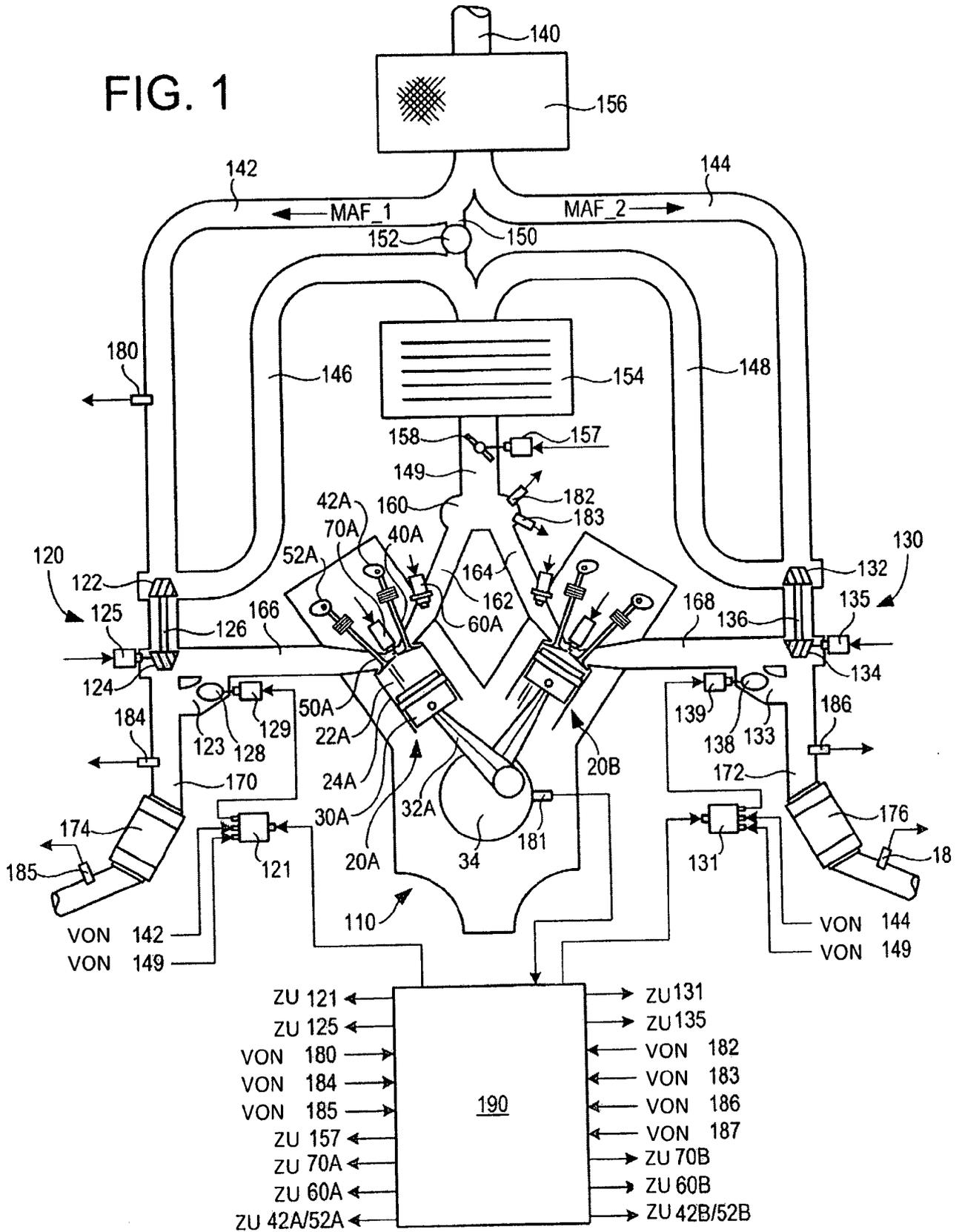
19. System nach Anspruch 17, welches weiterhin umfasst: einen ersten Auslasskanal in Fluidverbindung mit dem ersten Verbrennungszylinder; einen zweiten Auslasskanal in Fluidverbindung mit dem zweiten Verbrennungszylinder; eine erste Turbine, die entlang des ersten Auslasskanals angeordnet und mit der ersten Verdichtungsanordnung verbunden ist; eine zweite Turbine, die entlang des zweiten Auslasskanals angeordnet und mit der zweiten Verdichtungsanordnung verbunden ist; und wobei der zweite Sensor mindestens eines von: einem Drucksensor und einem Temperatursensor umfasst.

20. System nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuersystem dafür ausgelegt ist, durch Verändern des Betriebsparameters mindestens eines von erster Turbine und zweiter Turbine die Drehzahl der ersten Verdichtungsanordnung im Verhältnis zur Drehzahl der zweiten Verdichtungsanordnung zu verändern.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1



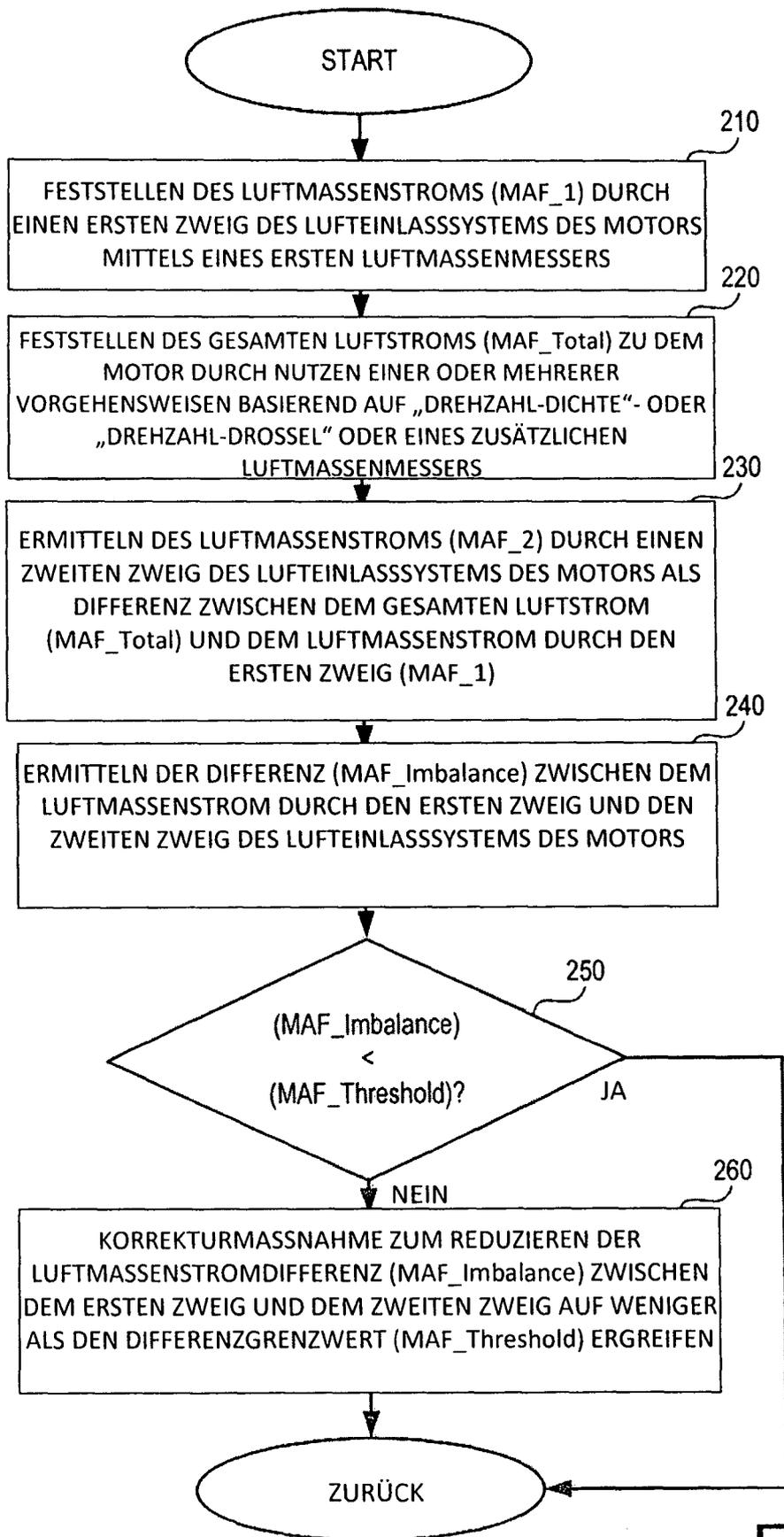


FIG. 2

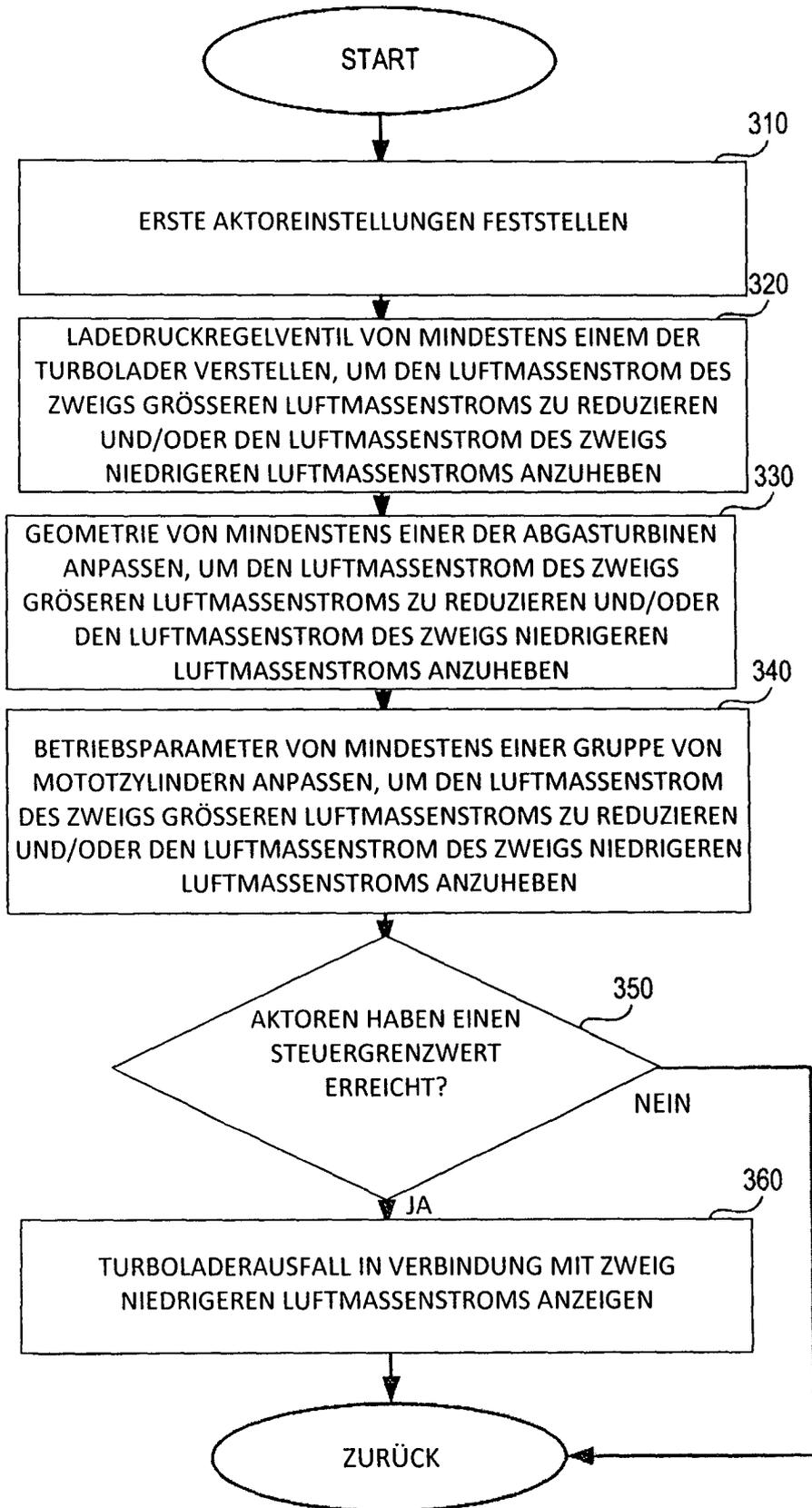


FIG. 3

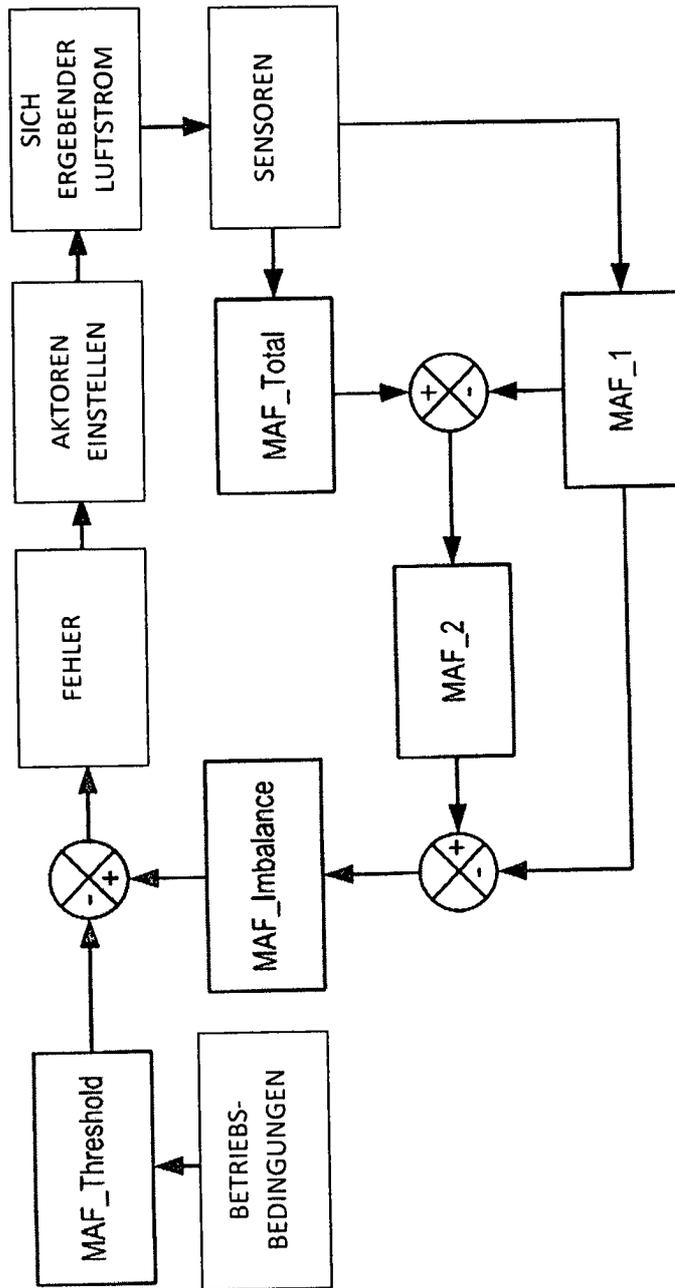


FIG. 4