



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 207 358.3**  
(22) Anmeldetag: **29.04.2016**  
(43) Offenlegungstag: **02.11.2017**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **11.01.2024**

(51) Int Cl.: **F02D 21/08** (2006.01)  
**F02M 26/46** (2016.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,  
US**

(74) Vertreter:  
**Dörfler, Thomas, Dr.-Ing., 50129 Bergheim, DE**

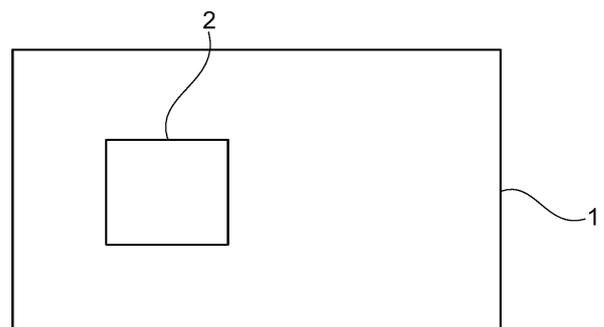
(72) Erfinder:  
**Vigild, Christian Winge, 52457 Aldenhoven, DE;  
Roettger, Daniel, Eynatten, BE; Brewbaker,  
Thomas Alan, Plymouth, Mich., US; Van  
Nieuwstadt, Michiel J., Ann Arbor, Mich., US**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	196 28 852	A1
DE	10 2014 214 475	A1
DE	10 2014 216 251	A1
US	6 944 530	B2
US	5 520 161	A
US	6 098 602	A
US	4 614 175	A
US	6 035 639	A

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Prognose der Abgasrückführungsrate**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Prognose der Abgasrückführungsrate eines Verbrennungsmotors, welcher ein Einlasssystem (60) und mindestens ein Abgasrückführungsventil (13) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung einen Sensor (3) zur Bestimmung der Gaszusammensetzung, der in dem Einlasssystem (60) angeordnet ist, eine Einrichtung (4) zur Bestimmung der Position des Abgasrückführungsventils (13) und eine Auswertungseinrichtung (5) umfasst, wobei die Auswertungseinrichtung (5) zur Bestimmung und Ausgabe einer Prognose der Abgasrückführungsrate ausgelegt ist, wobei die Prognose auf einer Korrektur einer Schätzung der Abgasrückführungsrate basiert, wobei die Schätzung auf der Grundlage der Position des Abgasrückführungsventils (13) erfolgt und die Korrektur auf der mithilfe des Sensors (3) zur Bestimmung der Gaszusammensetzung bestimmten Gaszusammensetzung basiert.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Prognose der Abgasrückführungsrate eines Verbrennungsmotors, sowie ein Verfahren zur Bestimmung oder Schätzung des Frischluftstroms zu dem Verbrennungsmotor.

**[0002]** Die derzeitige Kontrolle der Abgasrückführung (EGR) beim Betrieb von Verbrennungsmotoren, beispielsweise von Dieselmotoren, verlässt sich auf Luftmassenstrom-Sensoren (MAF - Mass Air Flow), um die Menge des zurückgeführten Abgases zu bestimmen und zu regeln. Dabei wird durch Einstellen der Position des Abgasrückführungsventils (EGR-Ventil) der Fluss von frischer Luft zum Motor geregelt. Dieses Verfahren berücksichtigt allerdings nicht notwendigerweise Effekte, die beispielsweise auf Sensorabweichungen, Toleranzen der Komponenten und ein Altern der Komponenten zurückzuführen sind. So kann mit zunehmendem Alter des Fahrzeugs die Leistungsfähigkeit die Regelung der Abgasrückführung zur Reduzierung von NO<sub>x</sub>-Emissionen merklich herabgesetzt sein.

**[0003]** In den Dokumenten DE 196 28 852 A1 und US 5 520 161 A wird ein System zur Abgasrezirkulation für einen Kompressionszündungsmotor und ein Verfahren zur Steuerung der Abgasrezirkulation in einem Kompressionszündungsmotor beschrieben. Dabei wird ein erster Drucksensor zum Abfühlen eines absoluten Gasdrucks in der Ansaugsammelleitung des Motors und ein zweiter Drucksensor zum Abfühlen eines absoluten Gasdrucks in der Abgasammelleitung des Motors, sowie ein Motordrehzahlsensor, ein Brennstoffratensensor, ein Temperatursensor in der Ansaugsammelleitung und weitere Komponenten zur Steuerung der Position des Abgasrückführungsventils verwendet.

**[0004]** Das Dokument US 6 944 530 B2 offenbart ein System zur Abgasrezirkulation, in welchem Abgas von dem Abgaskrümmmer durch ein Kontrollventil und durch eine Messdüse geleitet wird, bevor es den Einlasskrümmmer erreicht. Der Druck stromaufwärts der Düse und ein Korrekturdruck stromabwärts der Düse werden verwendet um den Abgasstrom zu messen und zu steuern.

**[0005]** In dem Dokument US 6 035 639 A wird ein Verfahren zum Schätzen des Luftflusses in einen Verbrennungsmotor beschrieben. Dabei wird der Wert für den Abgasrückführungsfluss als eine Funktion des Einlasskrümmmerdrucks, des Auslasskrümmmerdrucks, der Position des Abgasrückführungsventils und der Temperatur des Gases, welches durch die Abgasrückführung strömt, bestimmt. Der Wert für den Einlassluftstrom wird außerdem verwendet, um die Position des Abgasrückführungsventils zu steuern.

**[0006]** Das Dokument US 6 098 602 A beschreibt ein Abgasrückführungssystem für einen Verbrennungsmotor, welches ein durch einen Schrittmotor betriebenes Abgasrückführungsventil umfasst. Insbesondere wird die Motorsteuerung zum Erreichen einer gewünschten Abgasrückführungsmassenflussrate beschrieben.

**[0007]** In DE 10 2014 214 475 A1 werden Verfahren und Systeme zum Steuern eines Abgasrückführungsventils in einer Kraftmaschine durch das Bestimmen der Fehler in den Schätzungen des Abgasgegendrucks und das Anpassen der Schätzungen der AGR-Strömung basierend auf diesen Fehlern, um den AGR-Zielverdünnungen in der Kraftmaschine zu entsprechen, offenbart. In einer beispielhaften Herangehensweise umfasst das Verfahren das Einstellen der Ventilposition basierend auf der AGR-Sollströmung und der geschätzten AGR-Strömung, wobei die geschätzte Strömung auf dem geschätzten Abgasgegendruck basiert und der geschätzte Abgasgegendruck basierend auf den Fehlern zwischen der tatsächlichen und der Soll-Einlasssauerstoffkonzentration aktualisiert wird.

**[0008]** In US 4 614 175 A wird die Regelung der Abgasrückführung anhand des Messwertes eines Sauerstoffsensors in Ansaugtrakt offenbart.

**[0009]** In DE 10 2014 216 251 A1 werden Verfahren und Systeme zum Verbessern der Genauigkeit einer Ventildifferenzdruck-basierten (DPOV-basierten) AGR-Strömungsmessung während der Bedingungen eines geringen Ventilhubes durch das Lernen der Fehler im Hub des AGR-Ventils und/oder einer Übertragungsfunktion der Strömung des AGR-Ventils bereitgestellt.

**[0010]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein vorteilhaftes Verfahren und eine Vorrichtung zur Prognose der Abgasrückführungsrate eines Verbrennungsmotors zur Verfügung zu stellen, wobei insbesondere Alterungsprozessen und/oder Sensorabweichungen Rechnung getragen wird.

**[0011]** Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1, ein Kraftfahrzeug nach Anspruch 6 und ein Verfahren nach Anspruch 7 gelöst. Die abhängigen Ansprüche enthalten weitere, vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

**[0012]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Prognose der Abgasrückführungsrate eines Verbrennungsmotors betrifft ein Verbrennungsmotor, welcher ein Einlasssystem bzw. einen Ansaugtrakt und mindestens ein Abgasrückführungsventil umfasst. Die Vorrichtung umfasst einen Sensor zur Bestimmung der Gaszusammensetzung. Der Sensor zur Bestimmung, insbesondere zur Messung, der Gaszusammensetzung ist in dem Einlasssystem bzw.

dem Ansaugtrakt angeordnet. Die Vorrichtung umfasst zudem eine Einrichtung zur Bestimmung der Position des Abgasrückführungsventils, also der Ventilstellung, und eine Auswertungseinrichtung, zum Beispiel in Form einer dynamischen Beobachtungseinrichtung.

**[0013]** Die Auswertungseinrichtung ist zur Bestimmung, beispielsweise zur Berechnung, und zur Ausgabe einer Prognose der Abgasrückführungsrate ausgelegt, wobei die Prognose auf einer Korrektur einer Schätzung der Abgasrückführungsrate basiert. Die Schätzung der Abgasrückführungsrate erfolgt auf der Grundlage der Position des Abgasrückführungsventils. Die Korrektur der Schätzung basiert auf der mithilfe des Sensors zur Bestimmung, insbesondere zur Messung, der Gaszusammensetzung bestimmten Gaszusammensetzung, insbesondere auf der gemessenen Gaszusammensetzung.

**[0014]** Die Auswertungseinrichtung ist, mit anderen Worten, zum Empfangen von Signalen des Sensors zur Bestimmung der Gaszusammensetzung mit Informationen über die Gaszusammensetzung im Einlasssystem, zum Empfangen von Signalen der Einrichtung zur Bestimmung der Position des Abgasrückführungsventils mit Informationen über die Position bzw. Stellung des Abgasrückführungsventils und zur Auswertung der empfangenen Signale und der Bestimmung und Ausgabe eines Wertes der Abgasrückführungsrate ausgelegt. Außerdem kann die Auswertungseinrichtung ausgelegt sein zur Ausgabe von Signalen zur Regelung der Position des Abgasrückführungsventils.

**[0015]** Das Abgasrückführungsventil ist vorzugsweise als Niederdruck-Abgasrückführungsventil ausgestaltet.

**[0016]** Indem die auf der Grundlage der Position des Abgasrückführungsventils geschätzte Abgasrückführungsrate anschließend basierend auf der mit Hilfe des Gaszusammensetzungssensors bestimmten Gaszusammensetzung korrigiert wird, kann die Abgasrückführungsrate präzise prognostiziert werden. Dabei werden insbesondere mögliche Alterungsprozesse oder mögliche Sensorabweichungen automatisch berücksichtigt.

**[0017]** Vorteilshafterweise umfasst der Sensor zur Bestimmung der Gaszusammensetzung einen Sauerstoffsensoren. Der Sensor zur Bestimmung der Gaszusammensetzung kann beispielsweise ein Sauerstoffsensoren sein. Insbesondere kann der Verbrennungsmotor einen Einlasskrümmer umfassen und der Sauerstoffsensoren kann in dem Einlasskrümmer angeordnet sein, also als FAM-Sensoren ausgestaltet sein.

**[0018]** Die Auswertungseinrichtung kann zudem zur Prognose des Abgasrückführungsmassenflusses bzw. Abgasrückführungsmassenstroms und/oder zur Prognose des Frischluft-Massenstroms durch einen stromaufwärts des Abgasrückführungsventils angeordneten Luftfilter ausgelegt sein. Beispielsweise kann die prognostizierte Abgasrückführungsrate mit dem Ladeluftmassenstrom, der in den Verbrennungsmotor durch Einlassventile eintritt, multipliziert werden. Es kann also eine dynamisch korrekte Prognose der Abgasrückführungsrate verwendet werden um den Abgasrückführungsmassenstrom zu prognostizieren, wenn die Abgasrückführungsrate mit dem Ladeluftmassenstrom multipliziert wird. Auf diese Weise ist es möglich eine Abschätzung des Stroms bzw. Flusses von frischer Luft, die den Einlasskanal durch den Luftfilter passiert, zur Verfügung zu stellen.

**[0019]** Die Einrichtung zur Bestimmung der Position des Abgasrückführungsventils kann zum Messen, insbesondere zum Ablesen, der Position des Abgasrückführungsventils ausgelegt sein. Auf diese Weise steht die tatsächliche Ventilstellung für die weitere Prognose bzw. Auswertung zur Verfügung.

**[0020]** Die zuvor beschriebene erfindungsgemäße Vorrichtung hat den Vorteil, dass basierend auf der beschriebenen korrigierten Abgasrückführungsrate, insbesondere Niederdruck-Abgasrückführungsrate, der Strom bzw. Fluss frischer Luft zu dem Verbrennungsmotor bestimmt und abgeschätzt oder prognostiziert werden kann, ohne dass ein entsprechender zweckbestimmter Luftstromsensor, beispielsweise eine Heizfilmsonde bzw. ein Heizfilmsensoren oder eine Hitzedrahtsonde bzw. ein Hitzedrahtsensoren verwendet werden müssen. Die vorliegende Erfindung stellt also eine Möglichkeit zur Regelung des Anteils zurückgeführten Abgases in den Einlass bereit, ohne dass ein Luftstromsensor bzw. Luftmassensensoren erforderlich ist.

**[0021]** Das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug umfasst eine zuvor beschriebene erfindungsgemäße Vorrichtung. Das Kraftfahrzeug hat dieselben Vorteile, wie die erfindungsgemäße Vorrichtung. Es zeichnet sich insbesondere durch eine verbesserte Prognose der Abgasrückführungsrate und damit durch eine verbesserte Regelung der Abgasrückführung aus.

**[0022]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Prognose der Abgasrückführungsrate eines Verbrennungsmotors, welcher ein Einlasssystem bzw. einen Ansaugtrakt und mindestens ein Abgasrückführungsventil, bevorzugt ein Niederdruck-Abgasrückführungsventil, umfasst, umfasst die folgenden Schritte: Die Gaszusammensetzung im Einlasssystem des Verbrennungsmotors wird bestimmt. Die Position des Abgasrückführungsventils wird

bestimmt. Eine Abgasrückführungsrate wird auf der Basis der bestimmten Position des Abgasrückführungsventils geschätzt. Anschließend wird die Abgasrückführungsrate prognostiziert, wobei die Schätzung der Abgasrückführungsrate auf der Basis der im Einlasssystem des Verbrennungsmotors bestimmten Gaszusammensetzung korrigiert wird.

**[0023]** Das beschriebene Verfahren ist insbesondere mit Hilfe der zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung durchführbar. Es hat zudem dieselben Vorteile wie die bereits beschriebene erfindungsgemäße Vorrichtung.

**[0024]** Das Bestimmen der Gaszusammensetzung im Einlasssystem kann vorteilhafterweise das Verwenden eines Sauerstoffsensors umfassen, also mit einem Sauerstoffsensor erfolgen. Insbesondere kann das Bestimmen der Gaszusammensetzung durch Messen erfolgen. Weiterhin kann der Verbrennungsmotor einen Einlasskrümmer umfassen, wobei der Sauerstoffsensor bevorzugt in dem Einlasskrümmer angeordnet wird bzw. angeordnet ist. Der Sauerstoffsensor kann also als FMAN-Sensor ausgestaltet sein. Es kann bevorzugt die Sauerstoffkonzentration bzw. der Sauerstoffanteil in dem Einlasskrümmer bestimmt werden, beispielsweise gemessen werden.

**[0025]** In einer weiteren Variante kann der Abgasrückführungsmassenfluss bzw. Abgasrückführungsmassenstrom basierend auf der Abgasrückführungsrate prognostiziert werden. Dies kann insbesondere mit Hilfe der Auswertungseinrichtung erfolgen, wobei vorteilhafterweise die prognostizierte Abgasrückführungsrate mit dem Ladeluftmassenstrom, der den Verbrennungsmotor durch die Einlassventile erreicht, multipliziert wird. Dabei kann der Ladeluftmassenstrom beispielsweise durch Messung bestimmt werden.

**[0026]** In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Position des Abgasrückführungsventils durch Messen, insbesondere durch Ablesen, der Position des Abgasrückführungsventils bestimmt.

**[0027]** In einer weiteren Variante wird der Frischluft-Massenstrom durch einen stromaufwärts des Abgasrückführungsventils angeordneten Luftfilter prognostiziert. Hierzu kann ebenfalls die prognostizierte Abgasrückführungsrate mit einem Ladeluftmassenstrom, der in den Verbrennungsmotor durch die Einlassventile eintritt, multipliziert werden.

**[0028]** Vorteilhafterweise wird im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Niederdruck-Abgasrückführungsventil verwendet.

**[0029]** Das erfindungsgemäße Verfahren hat die oben bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung genannten Vorteile. Es ermöglicht insbesondere eine verbesserte Prognose der Abgasrückführungsrate und dadurch eine verbesserte Regelung der Abgasrückführung.

**[0030]** Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher beschrieben. Alle bisher und im Folgenden beschriebenen Merkmale sind dabei sowohl einzeln als auch in einer beliebigen Kombination miteinander vorteilhaft. Die im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich Beispiele dar, welche den Gegenstand der Erfindung jedoch nicht beschränken.

**Fig. 1** zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Prognose der Abgasrückführungsrate eines Verbrennungsmotors.

**Fig. 2** zeigt schematisch ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug.

**Fig. 3** zeigt schematisch einen Ausschnitt eines Verbrennungsmotors.

**Fig. 4** zeigt schematisch eine Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**Fig. 5** zeigt schematisch eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0031]** Die **Fig. 1** zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung 2 zur Prognose der Abgasrückführungsrate eines Verbrennungsmotors. Die Vorrichtung ist vorgesehen für einen Verbrennungsmotor, welcher ein Einlasssystem bzw. einen Ansaugtrakt und mindestens ein Abgasrückführungsventil 13, vorzugsweise ein Niederdruck-Abgasrückführungsventil, umfasst. Die Vorrichtung 2 umfasst einen Sensor 3 zur Bestimmung der Gaszusammensetzung, insbesondere zur Messung der Gaszusammensetzung. Der Sensor 3 ist in dem Einlasssystem angeordnet. Die Vorrichtung 2 umfasst zudem eine Einrichtung 4 zur Bestimmung der Position des Abgasrückführungsventils und eine Auswertungseinrichtung 5. Die Auswertungseinrichtung ist zur Bestimmung und zur Ausgabe einer Prognose der Abgasrückführungsrate ausgelegt ist, wobei die Prognose auf einer Korrektur einer Schätzung der Abgasrückführungsrate basiert, wobei die Schätzung auf der Grundlage der Position des Abgasrückführungsventils 13 erfolgt und die Korrektur auf der mithilfe des Sensors 3 zur Bestimmung der Gaszusammensetzung bestimmten Gaszusammensetzung basiert.

**[0032]** Die Auswertungseinrichtung 5 ist also zum Empfangen von Signalen 6 des Sensors 3 mit Infor-

mationen über die Gaszusammensetzung im Einlasssystem, zum Empfangen von Signalen 7 der Einrichtung 4 mit Informationen über die Position des Abgasrückführungsventils 13 und zur Auswertung der empfangenen Signale und Ausgabe 8 eines Wertes der Abgasrückführungsrate ausgelegt. Außerdem kann die Auswertungseinrichtung 5 ausgelegt sein zur Ausgabe von Signalen zur Regelung der Position des Abgasrückführungsventils 13.

**[0033]** Die Fig. 3 zeigt schematisch einen Ausschnitt eines Verbrennungsmotors, in welchem die erfindungsgemäße Vorrichtung 2 angeordnet ist bzw. das erfindungsgemäße Verfahren angewendet werden kann. Die in der Fig. 3 gezeigte Vorrichtung umfasst ein Einlasssystem bzw. einen Ansaugtrakt 60 und ein Auspuffsystem bzw. einen Abgastrakt 61.

**[0034]** Das Einlasssystem 60 umfasst einen Luftfilter 10, einen Kompressor 12, ein Abgasrückführungsventil 13 und einen Strömungskanal 14. Der Strömungskanal 14 verbindet den Luftfilter 10 mit dem Kompressor 12. Das Abgasrückführungsventil 13 ist strömungstechnisch zwischen dem Luftfilter 10 und den Kompressor 12 in dem Strömungskanal 14 angeordnet. Umgebungsluft strömt mit einem Umgebungsluftdruck Pamb durch den Luftfilter 10 in den Strömungskanal 14. Die Strömungsrichtung ist durch Pfeile mit der Bezugsziffer 11 gekennzeichnet. Die Luft strömt dann durch das Abgasrückführungsventil 13 zum Kompressor 12. Stromaufwärts des Kompressors 11 und stromabwärts des Abgasrückführungsventils 13, zum Beispiel an der Position 15, in dem Strömungskanal 14 hat die Luft bzw. das in den Kompressor 12 einströmende Gasgemisch den Druck PCumpFun. In dem Bereich stromaufwärts des Kompressors 11 und stromabwärts des Abgasrückführungsventils 13, alternativ aber auch zwischen dem Kompressor 12 und einer Verbrennungskammer des Verbrennungsmotors, kann der Sensor 3 zur Bestimmung der Gaszusammensetzung angeordnet sein.

**[0035]** Das den Verbrennungsmotor verlassende Abgas strömt durch den Abgastrakt 61 in Strömungsrichtung 21 durch den Strömungskanal 18 zu einem Schalldämpfer bzw. Auspuffdämpfer 17 zum Auspuff 16. Der Abgasströmungskanal 18 ist an einer Position stromaufwärts des Auspuffdämpfers 17 strömungstechnisch mit einem Strömungskanal 19 verbunden. In dem Strömungskanal 19 ist ein Niederdruck-Abgasrückführungskühlsystem 20 angeordnet. Ein Teil des Abgases des Verbrennungsmotors, welches durch den Abgasströmungskanal 18 strömt kann so durch den Strömungskanal 19 zunächst durch das Niederdruck-Abgasrückführungskühlsystem 20 und dann zu dem Abgasrückführungsventil 13 geleitet werden. Die Strömungsrichtung des Abgases in dem

Rückführungsströmungskanal 19 ist durch einen Pfeil 22 gekennzeichnet.

**[0036]** Das Abgasrückführungsventil 13 umfasst eine Ventilöffnung 24, die im vorliegenden Beispiel mit einer Ventilklappe 23 verschließbar ausgestattet ist, mit deren Hilfe die Menge des der angesaugten Luft zugeführten Abgases gesteuert und/oder geregelt werden kann. Der Sensor bzw. die Einrichtung 4 zur Bestimmung der Position des Abgasrückführungsventils ist zweckentsprechend an dem Abgasrückführungsventil 13 angeordnet.

**[0037]** Im Abgasströmungskanal 18 hat das Abgas einen Druck PMuffun an einer Position stromaufwärts des Auspuffdämpfers 17.

**[0038]** Die Fig. 2 zeigt schematisch ein Kraftfahrzeug 1, welches eine zuvor beschriebene Vorrichtung 2 zur Prognose der Abgasrückführungsrate umfasst. Das Kraftfahrzeug kann zudem die Merkmale der in der Fig. 3 gezeigten Variante umfassen. Das Kraftfahrzeug hat dieselben Vorteile wie die zuvor beschriebene erfindungsgemäße Vorrichtung 2. Bei dem Kraftfahrzeug 1 kann es sich beispielsweise um einen Personenkraftwagen oder einen Lastkraftwagen handeln.

**[0039]** Die Fig. 4 und Fig. 5 zeigen Ausführungsvarianten für die Funktionsweise der Auswertungseinrichtung bzw. für ein Verfahren zur Prognose des in den Verbrennungsmotor einströmenden Massenstroms bzw. das des durch den Luftfilter strömenden Frischluftmassenstroms WAir\_p. Bei Pfeil 30 wird eine prognostizierte Höhe des Verbrennungsmassenanteils im Abgasrückführungssystem zur Verfügung gestellt. Bei Pfeil 31 wird eine geschätzte Abgasrückführungsrate zur Verfügung gestellt. Die geschätzte Abgasrückführungsrate ist zum Beispiel auf der Grundlage einer mittels einer Einrichtung 4 zur Bestimmung der Position des Abgasrückführungsventils bestimmten Ventilposition erzeugt worden.

**[0040]** Das Signal 31 wird über eine Summierverbindungsstelle bzw. einen Additionsglied 33 normiert und in ein Signal 34 umgewandelt. Das Signal 34 kennzeichnet eine normierte geschätzte Abgasrückführungsrate. Das Signal 34, also die normierte geschätzte Abgasrückführungsrate, und das Signal 30, also die prognostizierte Höhe des Verbrennungsmassenanteils, werden über einen Multiplikator 32 in ein Signal 35 umgewandelt, welches einem Additionsmitglied 36 zugeführt wird.

**[0041]** Im Rahmen des Additionsmitglied 36 wird von dem Signal 35 ein Anteil 37 abgezogen. Das dadurch erzeugte Signal 38 wird durch ein Verzögerungsglied bzw. einen Filter 1/TAU\_S 39 gefiltert und einem Additionsmitglied 40 zugeführt. Das Additionsmitglied 40

addiert das gefilterte Signal 38 mit einem Tuningparameter Ks.

**[0042]** Anschließend wird das erzeugte Signal 42 durch einen Verstärker 43, der gegebenenfalls einen Sampler umfasst, proportional verstärkt und in das Signal 37 umgewandelt, welches dem bereits genannten Additionsglied 36 zugeführt wird. Das Signal 37 wird außerdem einem weiteren Additionsglied 44 zur Verfügung gestellt, welches das Signal 37 mit dem gemessenen Verbrennungsmassenanteil 45 in dem Einlass, addiert. Das durch die Addition erzeugte Signal 46 wird einerseits der den Tuningparameter Ks erzeugenden Tuningvorrichtung 41 zugeführt und andererseits nach einem Einstellen bzw. Tuning mit einem Tuningparameter Ki 47 einem Verstärker 48, der einen Sampler umfassen kann, zugeführt.

**[0043]** Das durch den Verstärker 48 erzeugte Signal 49 wird dem Additionsglied 33 zur Addition mit dem Signal 31 zur Verfügung gestellt. Das durch das Additionsglied 33 erzeugte Signal 34 wird dem Multiplikator 32 und einem Multiplikator 50 zugeführt. Im Rahmen des Multiplikators 50 wird es mit einem prognostizierten Massenfluss 51 zu der Verbrennungsmaschine multipliziert. Dieses Signal 51 wird außerdem einem Additionsglied 52 zugeführt. Dem Additionsglied 52 wird zudem das durch den Multiplikator 50 erzeugte Signal 53 zugeführt, wobei das Signal 53 von dem Signal 51 subtrahiert wird. Bei dem im Ergebnis erzeugten Signal 54 handelt es sich um den prognostizierten Frischluftmassenstrom, also den Massenstrom durch den Luftfilter WAir<sub>p</sub>.

**[0044]** Im Unterschied zu der Ausführungsvariante der Fig. 4 ist in der in der Fig. 5 gezeigten Ausführungsvariante zwischen dem Multiplikator 32 und der Summierverbindungsstelle bzw. dem Additionsglied 36 ein Schritt 55 eingefügt, bei welchem das von dem Multiplikator 32 erzeugte Signal unter Berücksichtigung von Mischungsdynamiken und/oder Transportverzögerungen modelliert wird.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Prognose der Abgasrückführungsrate eines Verbrennungsmotors, welcher ein Einlasssystem (60) und mindestens ein Abgasrückführungsventil (13) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung einen Sensor (3) zur Bestimmung der Gaszusammensetzung, der in dem Einlasssystem (60) angeordnet ist, eine Einrichtung (4) zur Bestimmung der Position des Abgasrückführungsventils (13) und eine Auswertungseinrichtung (5) umfasst, wobei die Auswertungseinrichtung (5) zur Bestimmung und Ausgabe einer Prognose der Abgasrückführungsrate ausgelegt ist, wobei die Prognose auf einer Korrektur einer Schätzung der Abgasrückführungsrate basiert,

wobei die Schätzung auf der Grundlage der Position des Abgasrückführungsventils (13) erfolgt und die Korrektur auf der mithilfe des Sensors (3) zur Bestimmung der Gaszusammensetzung bestimmten Gaszusammensetzung basiert.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abgasrückführungsventil (13) als Niederdruck-Abgasrückführungsventil ausgestaltet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor (3) zur Bestimmung der Gaszusammensetzung einen Sauerstoffsensoren umfasst.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswertungseinrichtung (5) zur Prognose des Abgasrückführungsmassenstroms und/oder zur Prognose des Frischluft-Massenstroms durch einen stromaufwärts des Abgasrückführungsventils (13) angeordneten Luftfilter (10) ausgelegt ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (4) zur Bestimmung der Position des Abgasrückführungsventils zum Messen der Position des Abgasrückführungsventils (13) ausgelegt ist.

6. Kraftfahrzeug (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass es eine Vorrichtung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 umfasst.

7. Verfahren zur Prognose der Abgasrückführungsrate eines Verbrennungsmotors, welcher ein Einlasssystem/Ansaugtrakt (60) und mindestens ein Abgasrückführungsventil (13) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Bestimmen der Gaszusammensetzung im Einlasssystem (60) des Verbrennungsmotors,
- Bestimmen der Position des Abgasrückführungsventils (13),
- Schätzen der Abgasrückführungsrate auf der Basis der bestimmten Position des Abgasrückführungsventils (13),
- Prognose der Abgasrückführungsrate durch Korrektur der Schätzung der Abgasrückführungsrate auf der Basis der im Einlasssystem (60) des Verbrennungsmotors bestimmten Gaszusammensetzung.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bestimmen der Gaszusammensetzung im Einlasssystem das Verwenden eines Sauerstoffsensors umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abgasrückführungsmas-

senstrom basierend auf der Abgasrückführungsrate prognostiziert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Position des Abgasrückführungsventils (13) durch Messen der Position des Abgasrückführungsventils (13) bestimmt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Abgasrückführungsmassenstrom prognostiziert wird, wobei die prognostizierte Abgasrückführungsrate mit einem Ladeluftmassenstrom, der in den Verbrennungsmotor durch die Einlassventile eintritt, multipliziert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Frischluft-Massenstrom durch einen stromaufwärts des Abgasrückführungsventils angeordneten Luftfilter (10) prognostiziert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Niederdruck-Abgasrückführungsventil verwendet wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

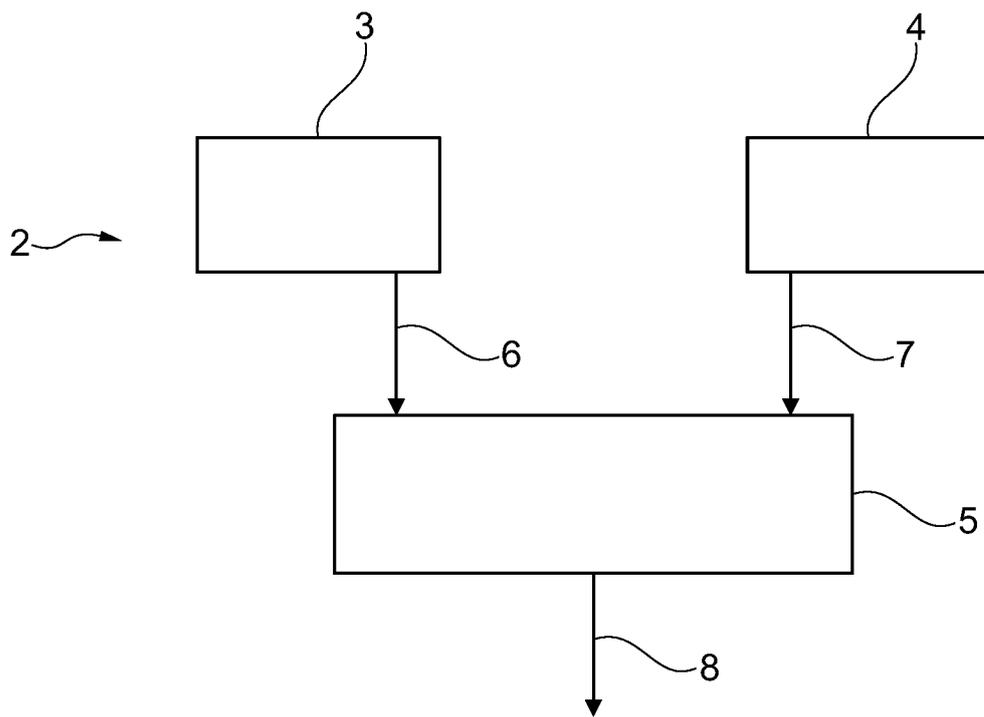


Fig. 1

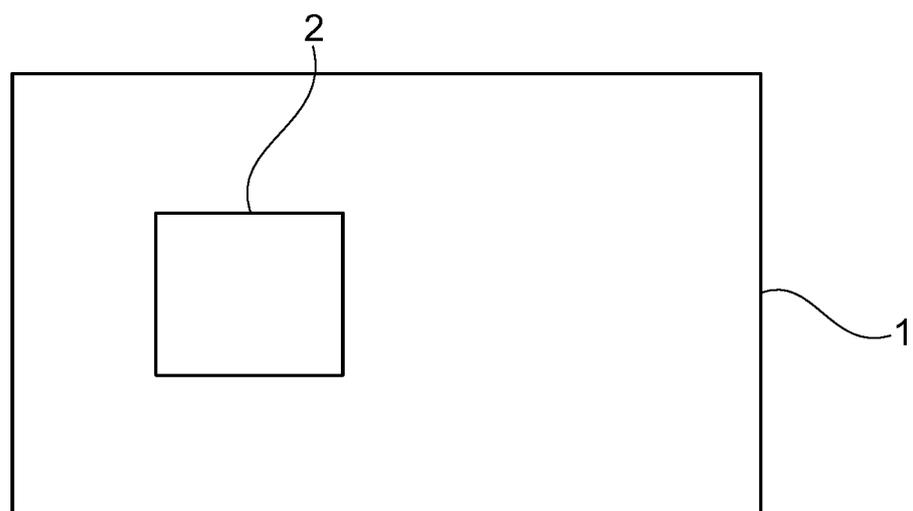


Fig. 2

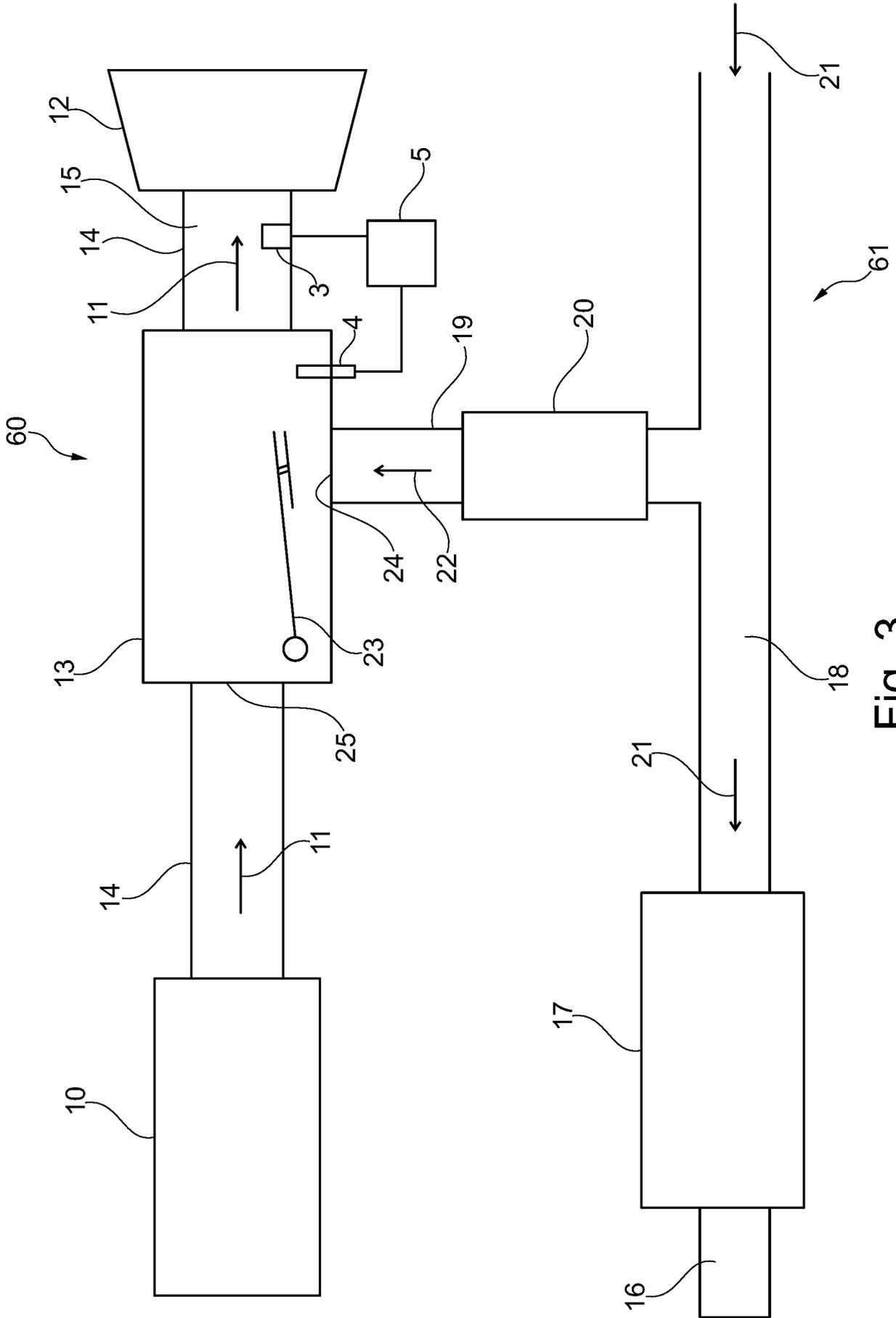


Fig. 3

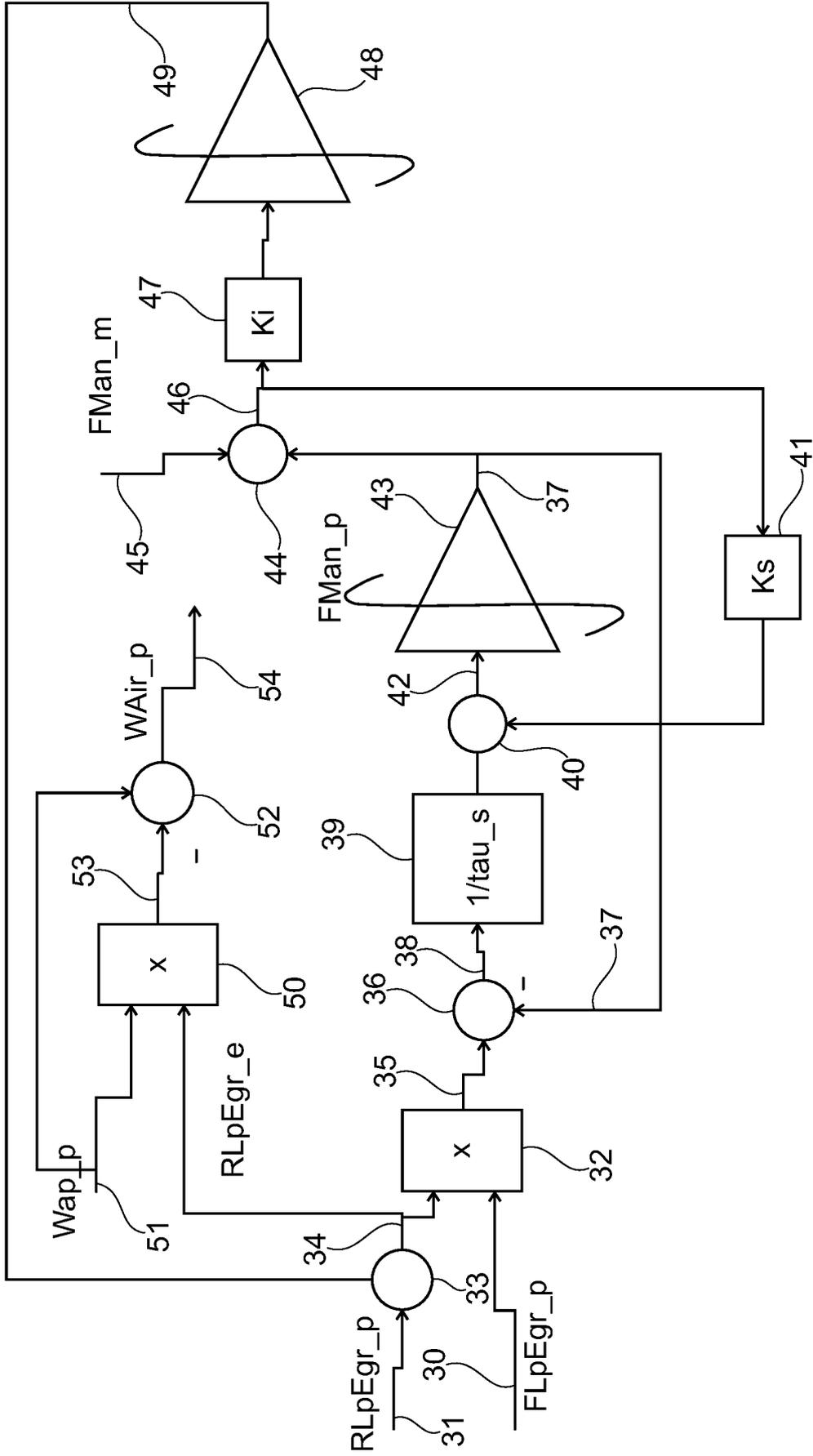


Fig. 4

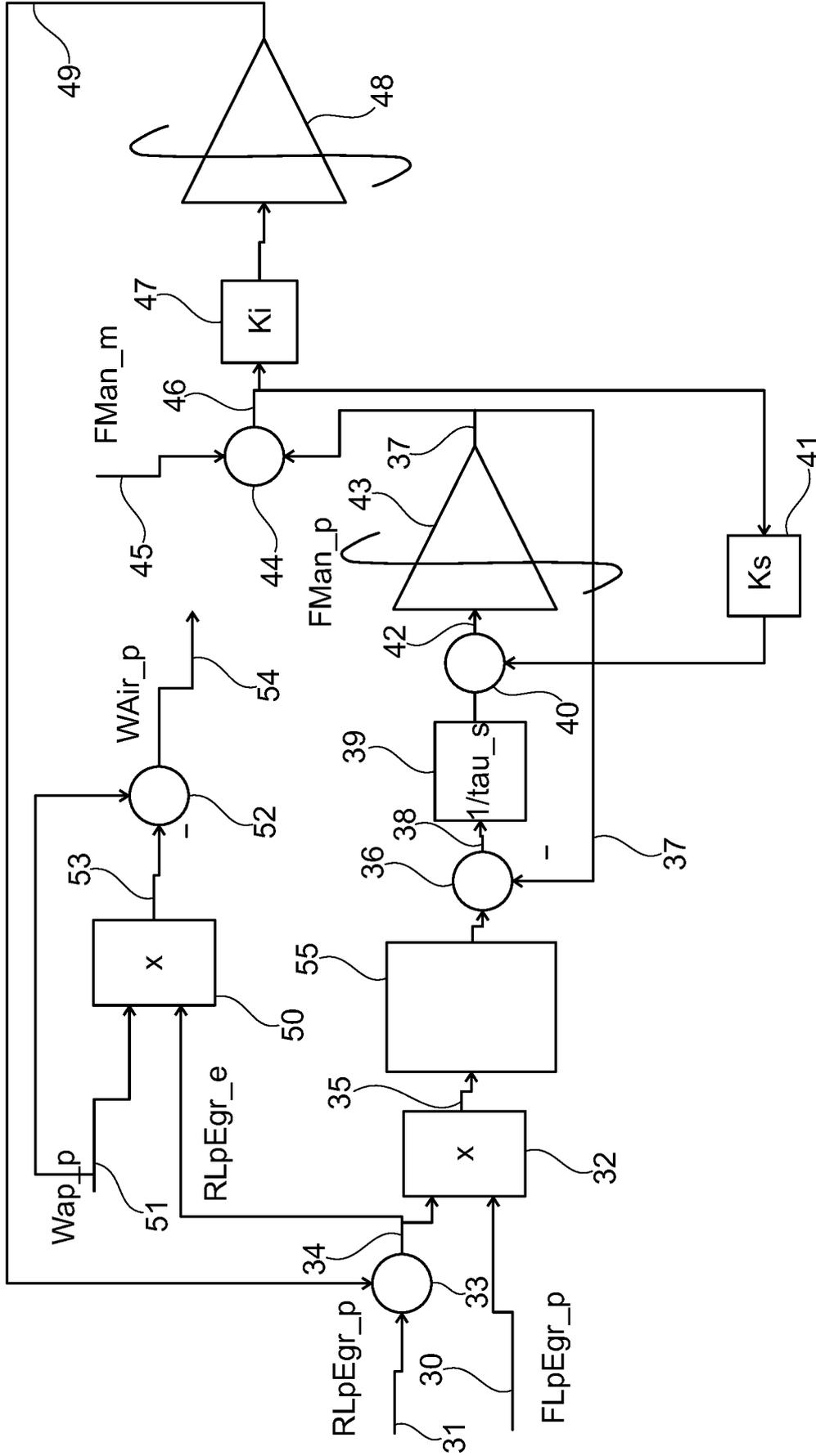


Fig. 5