



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.04.2023 Patentblatt 2023/17

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F02D 41/14 ^(2006.01) **F02D 41/22** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22202736.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F02D 41/1495; F01N 11/00; F02D 41/221;
 F02D 41/1441; F02D 2200/0602; F02D 2200/0604

(22) Anmeldetag: **20.10.2022**

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

(72) Erfinder:

- **Magnor, Olaf**
29392 Wesendorf (DE)
- **Siepmann, Andrea Monica**
85051 Ingolstadt (DE)
- **Pietsch, Ingolf**
38871 Darlingerode (DE)

(30) Priorität: 20.10.2021 DE 102021127196

(71) Anmelder: **IAV GmbH**
Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr
10587 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Wanzek, Jan**
IAV GmbH
Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr
Entwicklungszentrum Chemnitz/Stollberg
Auer Straße 54
09366 Stollberg (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR DIAGNOSE DER VERSCHLECHTERUNG VON KOMPONENTEN EINES TECHNISCHEN SYSTEMS**

(57) Computerimplementiertes Verfahren zur Diagnose der Verschlechterung wenigstens einer Komponente eines technischen Systems, wobei die durch eine oder mehrere Komponenten erzeugten realen Ausgangsgrößen mittels Sensoren überwachbar oder digital durch ein Steuergerät **2** abbildbar sind und, wobei durch jene Komponenten erzeugte simulierte Ausgangsgrößen mittels Simulationsmodellen der jeweiligen Komponenten, welche in einem Steuergerät **2** angeordnet sind, berechenbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Diagnose das Berechnen von wenigsten einem Residuum **R** an einer Überwachungsmessstelle **27** innerhalb eines Informationsflusses **26** des technischen Systems um-

fasst, wobei ein Residuum **R** die Abweichung zwischen realen und simulierten Ausgangsgrößen darstellt. Durch das Einfügen von wenigstens einer digitalen Trennstelle **D** innerhalb des Informationsflusses **26**, wobei die realen Ausgangsgrößen der stromaufwärts der Trennstelle **D** angeordneten Komponenten als Eingangsgrößen in die Simulationsmodelle der stromabwärts jener Trennstelle **D** angeordneten Komponenten geführt werden und das Aufstellen je eines Residuensatzes **28** für jede Trennstelle **D** erfolgt die Identifizierung einer fehlerhaften Komponente in Abhängigkeit der aufgestellten Residuensätze **28**.

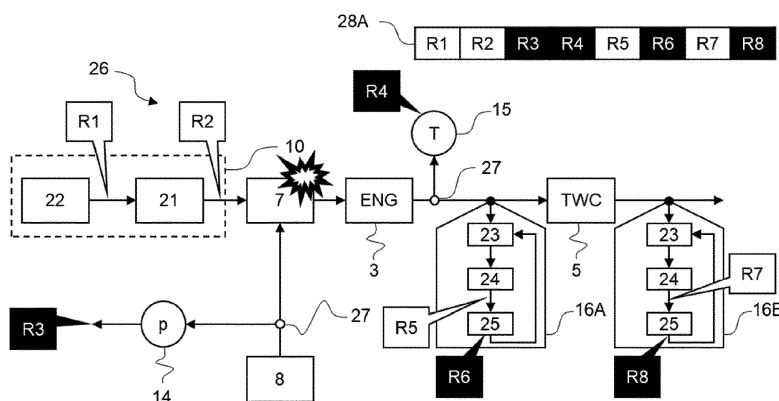


Fig. 3A

Beschreibung**Technisches Gebiet**

5 **[0001]** Die Erfindung betrifft die Diagnose der Verschlechterung von Komponenten eines technischen Systems, insbesondere eines Kraftfahrzeugantriebsstranges, umfassend das Detektieren von fehlerhaften Komponenten sowie das Feststellen von deren Alterungszustand, vorzugsweise von Abgaskatalysatoren.

Hintergrund

10 **[0002]** Die Diagnose von Fehlern in Kraftfahrzeugen umfasst im Wesentlichen die Identifizierung oder Plausibilisierung von Verhaltensweisen zu überwachender Komponenten. Bei Erkennung von bestimmten Verhaltensmustern durch Identifizierung oder Erfassung unplausibler Signalwerte kann hierbei auf ein Fehlverhalten geschlossen werden. In einigen Diagnoseprozeduren, wie beispielsweise Katalysator-, Sauerstoffsensor- oder Tankentlüftungsventildiagnosen von Kraftfahrzeugen mit verbrennungsmotorischem Antriebsstrang wird die zu überwachende Komponente auf eine definierte Verhaltensweise stimuliert und deren Reaktion hierauf bewertet. Zudem kann es erforderlich sein, während des laufenden Betriebs die ausgestoßenen Abgasemissionen zu erfassen sowie die Abgaswerte der einzelnen Emissionsspezies gegen Grenzwerte abzugleichen. Eine Möglichkeit einer solchen Überwachung des Ausstoßes von Abgasemissionen umfasst die Anwendung von Sensoren, die eingerichtet sind, um die einzelnen Emissionsspezies quantitativ zu erfassen. Nicht mittels vorhandener Sensoren erfassbare Signale, sei es aufgrund von fehlender oder auch defekter Peripherie, können hierbei durch Simulationsmodelle innerhalb des Fahrzeugsteuergerätes abgebildet werden. Sämtliche potentiellen Fehler oder Ausfallerscheinungen von Komponenten des Kraftfahrzeugantriebsstrangs mittels Simulationsmodellen innerhalb von Fahrzeugsteuergeräten zu hinterlegen, erfordert ein ausreichendes Datenspeichervermögen, was aus ökonomischer Sicht oft schwer oder nicht zu realisieren ist. Zusätzlich werden konventionelle Diagnosen von Komponenten verbrennungsmotorischer Antriebsstränge in der Regel durch emissionsschädliche Stimulation sowie wiederholt innerhalb der Fahrzyklen durchgeführt, wobei vermeidbar umweltschädliche Abgasemissionen ausgestoßen werden.

Stand der Technik

30 **[0003]** Die Diagnose von Fehlverhalten oder auch vom Alterungszustand von Komponenten des verbrennungsmotorischen Kraftfahrzeugantriebsstranges wird konventionell fortwährend durch Abgleich einzelner Überwachungsmessstellen, mittels Sensor erfasster Messwerte, gegen Schwellwerte durchgeführt. So ist aus der Offenlegungsschrift DE 10 2020 004 775 A1 ein Verfahren zur Diagnose des Katalysatorabbaus bekannt, wobei der Katalysatorabbau dadurch bewertet wird, dass ein mittels Sensor erfasster Wert für den NO_x-Ausstoß eines Abgaskatalysators in Korrelation zu weiteren Emissionsspezies, insbesondere THC, gesetzt sowie gegen einen Schwellwert abgeglichen wird.

35 **[0004]** Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2020 100 158 A1 ist ein Verfahren zur Modellierung einzelner Emissionsspezies in einem Dreizeigekatalysator bekannt, in Abhängigkeit einer mit einer erfassten Temperatur korrelierenden, verschlechterten Umsatzfähigkeit des Katalysators.

40 **[0005]** Aus der Patentschrift DE 10 2020 116 488 B3 ist bekannt, dass die Gesamtheit der Fehler und Streuungen von sämtlichen Komponenten eines technischen Systems ein überwachtes Verhalten des Systems beeinflussen kann, ohne, dass diese aus dem unmittelbaren physikalischen Zusammenhang hervorgehen. Im Detail wird an dieser Stelle offenbart, dass beispielsweise die Lambdaregelung eines Kraftfahrzeuges mit verbrennungsmotorischem Antriebsstrang konventionell lediglich die grundlegenden betriebszustands- und verbrennungsbeschreibenden physikalischen Kenngrößen von Brennkraftmaschinen, wie Last und Drehzahl, Kraftstoffeinspritzmenge und Einspritzzeitpunkt sowie Temperatur und Masse der zur Verfügung stehenden Luftmenge berücksichtigt. Im realen Zustand wirkt sich jedoch der Gesamtzustand des technischen Systems "Kraftfahrzeug" und somit sämtliche einzelne Komponenten, welche auf den ersten Blick nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Lambdaregelung selbst wirken, auf jenes Gesamtregelverhalten aus.

Kurzdarstellung

50 **[0006]** Die durch den Stand der Technik bekannten konventionellen Diagnoseansätze für Komponenten eines Kraftfahrzeuges mit verbrennungsmotorischem Antriebsstrang, umfassend die emissionsschädliche Stimulation einzelner Komponenten, zielt darauf ab, die erfassten Signalwerte einzelner Komponenten separat voneinander und während spezifischer Diagnosemodi gegen Schwellwerte zu überprüfen. Zwar ist es allgemein auch bekannt, gemessene Sensorwerte mit modellierten oder auch simulierten Werten zu vergleichen, jedoch wird das erhaltene Diagnoseergebnis bisher nicht ins Verhältnis zu einem gesamtheitlich zu überprüfenden Verhalten des technischen Systems gesetzt, wie

beispielsweise den quantitativen Ausstoß sämtlicher Emissionsspezies eines Kraftfahrzeugs mit verbrennungsmotorischem Antriebsstrang. Obgleich es außerdem bekannt ist, sämtliche einzelnen Komponenten und sogar den quantitativen Ausstoß sämtlicher Emissionsspezies als zu überprüfendes Verhalten zu modellieren oder zu simulieren. Zudem wird außer Acht gelassen, dass das gesamte technische System und somit auch die Fehler und Streuung sämtlicher einzelner Komponenten einen maßgeblichen Einfluss auf das zu überprüfende Gesamtverhalten innehaben.

[0007] Der vorliegenden Erfindung ist es daher Aufgabe, ein verbessertes Verfahren zur Diagnose der Verschlechterung von Komponenten eines Kraftfahrzeugantriebsstranges bereitzustellen, welches eine ganzheitliche Betrachtung des vorhandenen technischen Systems einbezieht, um die festgestellte Verschlechterung einzelner Komponenten in den Kontext eines zu überprüfenden Gesamtverhaltens zu setzen, insbesondere dem quantitativen Ausstoß von Abgasemissionen. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Patentanspruch 1 sowie ein Steuergerät und ein Fahrzeug nach den Patentansprüchen 9 und 10 dadurch gelöst, dass die bekannten Vorgehensweisen bezüglich des Abgleichs von gemessenen und simulierten Signalwerten zu diagnostizierender Komponenten untereinander, dem Simulieren von sämtlichen Komponenten des Fahrzeugantriebsstranges selbst sowie die gesamtheitliche Betrachtung des Zusammenwirkens einzelner Komponenten zusammengeführt und durch einen algorithmischen Diagnoseansatz erweitert werden.

[0008] Die Intention der zugrundeliegenden Erfindung beruht auf der Annahme, dass jede einzelne Komponente eines technischen Systems einen Einfluss auf eine zu überwachende Verhaltensweise des gesamten technischen Systems innehat sowie auf der demnach invertierten Annahme, dass ein Fehlverhalten einer einzelnen Komponente nicht nur eine Auswirkung auf die Verhaltensweise des gesamten technischen Systems innehat, sondern auch auf die Verhaltensweise sämtlicher einzelner Komponenten isoliert betrachtet. Die zu überwachende Verhaltensweise bezieht sich hierbei vorzugsweise auf die messbaren quantitativen Eigenschaften einer oder mehrerer Ausgangsgrößen des technischen Systems.

[0009] In einer Ausführungsform umfasst das technische System den Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges, insbesondere einen Antriebsstrang, in welchem wenigstens eine Brennkraftmaschine angeordnet ist, wobei die zu überwachende Verhaltensweise die Quantität der ausgestoßenen Abgasemissionen, insbesondere die emittierte Masse einzelner definierter Abgasbestandteile, oder auch Emissionsspezies, umfasst. Die zur Beurteilung der Verhaltensweise des Antriebsstranges, bezogen auf ausgestoßene Abgasemissionen, überwachten einzelnen Komponenten umfassen demnach wenigstens sämtliche Komponenten, welche in ihrer Wirkungsweise die abgegebenen Abgasemissionen beeinflussen, umfassend beispielsweise einzelne Elemente der Brennkraftmaschine, des Kraftstoffeinspritzsystems, des Luftversorgungssystems sowie des Abgasnachbehandlungssystems. Es sei angemerkt, dass die zugrundeliegende Erfindung weder auf die aufgeführten Ausführungsformen beschränkt, noch durch diese in ihrem Anwendungshorizont festgelegt ist. Vielmehr dienen diese zur Veranschaulichung der spezifischen Anwendbarkeit der allgemeinen Wirkungsweise sowie dem Verständnis der grundlegenden Wechselwirkung einzelner Verfahrensschritte. Alternativ kann das erfindungsgemäße Verfahren auf jedes weitere technische System angewendet werden, welches durch eine quantitativ erfassbare Verhaltensweise überwachbar ausgestaltet ist sowie, welches unterschiedliche einzelne Komponenten umfasst, die in technischer Wechselwirkung zu weiteren Komponenten stehen sowie einen maßgeblichen Einfluss auf jene Verhaltensweise des gesamten technischen Systems innehaben.

[0010] Einzelne Komponenten des zu überwachenden technischen Systems sind jeweils selbst in ihrer Verhaltensweise überwachbar, beispielsweise mittels geeigneter Sensoren, die eingerichtet sind, um messbare Ausgangsgrößen jener Komponenten quantitativ zu erfassen. Die zugrundeliegende Erfindung geht nunmehr weiterhin von der Annahme aus, dass jede einzelne Komponente mittels physikalischer Modelle abbildbar und deren Funktionsweise oder auch deren erzeugte Ausgangsgrößen simulierbar ausgestaltet sind. Sind nun einzelne Komponenten an bestimmten Überwachungsmessstellen innerhalb des technischen Systems mittels geeigneter Sensoren messtechnisch erfassbar und gleichsam simulierbar, so sind an jenen Überwachungsmessstellen stets Abweichungen zwischen Messung, also dem realen Verhalten, und Simulation, also dem Sollverhalten bezogen auf die jeweiligen Eingangsgrößen, bestimmbar. Wird zusätzlich angenommen, dass entsprechende Simulationsmodelle keinerlei Fehlverhalten der simulierten Komponente sowie lediglich adaptierbare definierte Eigenschaften, wie beispielsweise die physikalische Alterung umfassen, so sind an den genannten Überwachungsmessstellen jeweils Residuen ermittelbar, die auf der Abweichung zwischen Messung und Simulation beruhen sowie als ein Maß für das Fehlverhalten der jeweiligen Komponente bzw. des gesamten technischen Systems bestimmbar sind.

[0011] Weist nunmehr eine einzelne Komponente eine fehlerhafte Verhaltensweise auf, sei es durch einen Defekt, eine nicht berücksichtigte Alterung oder einen Verschleißzustand, oder mit anderen Worten eine Verschlechterung, so wird sich deren Fehlverhalten auf die Funktionsweise der weiteren Komponenten, insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, stromabwärts des Informationsflusses, beginnend ab der betreffenden Komponente sowie auf die gesamte zu überwachende Verhaltensweise des technischen Systems auswirken. Der Fehlerfall wird sich erfindungsgemäß in der Quantität der aufgestellten Residuen niederschlagen, welche durch ihre ermittelte Wertangabe auf eine erhöhte Abweichung zwischen Messung und Simulation hinweisen. Die zugrundeliegende Erfindung macht sich nun in vorteilhafter Art und Weise den Umstand zu Nutze, dass sich die Messwerte der einzelnen Komponenten aus deren realen Eingangsgrößen und der normalen oder beeinträchtigten Funktionsweise sowie die Simulationswerte aus deren realen

oder modellierten Eingangsgrößen sowie entsprechend deren normalen oder beeinträchtigten Funktionsweise ergeben. Das bedeutet, dass sich bei einer fehlerfreien Komponente und der Anwendung realer, gemessener Eingangsgrößen für das Simulationsmodell jener Komponente keine oder eine lediglich im Rahmen der Fehlertoleranz des Messmittels befindliche Abweichung zwischen Messwert und Simulationswert bezogen auf eine zu überwachende Ausgangsgröße einstellen wird. Bei einer defekten Komponente hingegen wird sich unter gleichen Bedingungen entsprechend eine messbare Abweichung, oder mit anderen Worten ein aufstellbares Residuum, welches ungleich 0 ist, einstellen. Weist nun jedoch eine Komponente, welche stromaufwärts des Informationsflusses der zu überwachenden Komponente liegt, ein Fehlverhalten auf, so wird sich bei Anwendung realer, gemessener Eingangsgrößen für das Simulationsmodell einer einzelnen Komponente ebenfalls keine Abweichung zwischen Messung und Simulation ergeben, obgleich das gesamte technische System nunmehr ein Fehlverhalten aufweist. Werden nunmehr jedoch für jenes Simulationsmodell der zu überwachenden Komponente modellierte Eingangsgrößen angewendet, welche ab einer bestimmten Position stromaufwärts des Informationsflusses der zu überwachenden Komponente simuliert werden, so wird sich auch hier eine Abweichung zwischen Messung und Simulation ergeben, die insbesondere abhängig von den zuvor simulierten Komponenten ist. Somit ergeben sich erfindungsgemäß an jeder Position, an welcher die Ausgangsgrößen einer Komponente messtechnisch und simulierend erfassbar sind, oder mit anderen Worten an jeder Überwachungsmessstelle, unterschiedliche Abweichungen zwischen Messung und Simulation, oder auch unterschiedliche Residuen, im Fall einer stromaufwärts des Informationsflusses fehlerhaften Komponente, in Abhängigkeit der simulierten Komponenten. Je nachdem, an welchen Positionen also der Informationsfluss aufgetrennt wird und welche Komponente ein Fehlverhalten aufweist, entstehen an den informationsabwärtigen und überwachten Komponenten unterschiedliche, messbare Residuen oder auch quantitativ unterschiedliche Sätze von Residuen für das betrachtete technische System. Werden nunmehr für mehrere Stellen der Auftrennung des Informationsflusses entstehende Residuensätze erfasst, so entstehen spezifische Residuenmuster, über welche die defekte Komponente qualitativ erkennbar sowie jener Fehler quantitativ erfassbar ist. Es wird demnach erfindungsgemäß kontinuierlich ein Residuenmuster erstellt und qualitativ bewertet, ob eine Komponente ein Fehlverhalten aufweist sowie quantitativ bewertet, welche Ausmaße ein ermitteltes Fehlverhalten auf das zu diagnostizierende Gesamtverhalten des technischen Systems annimmt.

[0012] Entsprechend der Auswertung der Residuenmuster ist es erfindungsgemäß vorteilhaft nicht erforderlich, jede Komponente messtechnisch zu überwachen, um deren Defekt festzustellen, jedoch steigt im Gegenzug die Genauigkeit des Verfahrens mit der Anzahl an Überwachungsmessstellen oder auch mit der Anzahl der aufstellbaren Residuen. Somit ist das erfindungsgemäße Verfahren jedoch in vorteilhafter Art und Weise an die erforderliche Genauigkeit flexibel anpassbar. Nachfolgend erfolgt eine detaillierte Beschreibung der Erfindung, unter Hinzunahme der hier aufgeführten Zeichnungen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0013]

Fig. 1 zeigt die schematische Darstellung eines Kraftfahrzeuges mit verbrennungsmotorischem Antriebsstrang als technisches System zur Diagnose von Komponenten, deren Funktionsweise einen Einfluss auf die ausgestoßenen Abgasemissionen des Kraftfahrzeugs als betrachtete zu überwachende Gesamtverhaltensweise innehaben.

Fig. 2 zeigt die schematische Darstellung des Informationsflusses innerhalb des Kraftfahrzeuges mit verbrennungsmotorischem Antriebsstrang.

Fig. 3A zeigt die beispielhafte qualitative Entstehung eines Residuensatzes bei einem fehlerhaften Kraftstoffeinspritzventil und ohne Auftrennung des Informationsflusses.

Fig. 3B zeigt die beispielhafte qualitative Entstehung eines Residuensatzes bei einem fehlerhaften Kraftstoffeinspritzventil, mit Auftrennung des Informationsflusses innerhalb der Kraftstoffleitung und Simulation sämtlicher informationsabwärtiger Komponenten.

Fig. 3C zeigt die beispielhafte qualitative Entstehung eines Residuensatzes bei einem fehlerhaften Kraftstoffeinspritzventil, mit Auftrennung des Informationsflusses innerhalb der Abgasleitung, stromaufwärts eines Abgaskatalysators und Simulation sämtlicher informationsabwärtiger Komponenten.

Fig. 4 zeigt beispielhaft ein qualitatives Residuenmuster für ein fehlerhaftes Kraftstoffeinspritzventil.

Fig. 5A zeigt beispielhaft die Entstehung eines quantitativen Residuensatzes für die Komponenten einer Abgasnachbehandlung, ohne defekte Komponente.

Fig. 5B zeigt beispielhaft die Entstehung eines quantitativen Residuensatzes für die Komponenten einer Abgasnachbehandlung, bei einem gealterten Abgaskatalysator.

Fig. 5C zeigt beispielhaft die Entstehung eines quantitativen Residuensatzes für die Komponenten einer Abgasnachbehandlung, bei einem gealterten Abgaskatalysator und Auftrennung des Informationsflusses stromaufwärts von jenem.

Fig. 5D zeigt beispielhaft die Entstehung eines quantitativen Residuensatzes für die Komponenten einer Abgasnachbehandlung, bei einem gealterten Abgaskatalysator und Auftrennung des Informationsflusses stromabwärts von jenem.

Detaillierte Beschreibung

[0014] Gemäß **Fig. 1** umfasst ein technisches System zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Ausführungsform ein nichtdargestelltes Kraftfahrzeug **1**, wobei dessen verbrennungsmotorischer Antriebsstrang verschiedene Komponenten umfasst, die einen Einfluss auf die Quantität der durch jenes Kraftfahrzeug **1** ausgestoßenen Abgasemissionen innehaben. Das Kraftfahrzeug **1** umfasst hierbei wenigstens je ein Fahrzeugsteuergerät **2** (ECU), eine Brennkraftmaschine **3** (ENG), eine Luftansaugeinrichtung **4**, einen Abgaskatalysator **5**, eine Abgasleitung **6**, ein Kraftstoffeinspritzventil **7**, einen Kraftstoffspeicher **8** sowie eine Kraftstoffleitung **9**. Das Fahrzeugsteuergerät **2** ist eingerichtet, um sämtliche Funktionen der genannten Komponenten des Antriebsstranges zu steuern oder zu regeln und ist in unterschiedliche Module unterteilbar, welche hardware- und/oder softwaretechnisch implementiert sein können. Der generelle Aufbau und die Funktionsweise eines entsprechenden Fahrzeugsteuergerätes **2** ist nicht Gegenstand der Erfindung und beispielsweise aus DE 10 2020 116 488 B3 hinreichend bekannt. In einer Ausführungsform umfasst das Fahrzeugsteuergerät **2** wenigstens eine Kraftstoffeinspritzsteuereinrichtung **10**, die eingerichtet ist, um die Funktionsweise der Brennkraftmaschine **3** durch die Ansteuerung des Kraftstoffeinspritzventils **7** zu steuern sowie eine Luftansaugsteuereinrichtung **11**, die eingerichtet ist, um die Ansaugluftversorgung der Brennkraftmaschine **3** zu steuern. In einer Ausführungsform umfasst das Fahrzeugsteuergerät **2** weiterhin eine Sensorerfassungseinrichtung **12**, die eingerichtet ist, um die Signale von betreffenden Sensoren zu empfangen, zu verarbeiten und weiterzuleiten, wobei die Verarbeitung der Signale beispielsweise die physikalische Umrechnung, das Abbilden von zeitlichen Verläufen, dem Auslesen von Maxima und Minima sowie weitere Operationen umfassen kann.

[0015] Zur messtechnischen Erfassung von Signalwerten umfasst das Kraftfahrzeug **1** weiterhin einen oder mehrere der Sensoren Luftmassensensor **13**, Drucksensor **14**, Temperatursensor **15**, Sauerstoffsensoren **16A**, **16B**. Der Luftmassensensor **13** ist eingerichtet, um den Massenstrom der Ansaugluft der Brennkraftmaschine **3** zu erfassen. Drucksensoren **14** sind eingerichtet, um den Fluiddruck von gasförmigen oder flüssigen Fluiden zu erfassen. Temperatursensoren **15** sind eingerichtet, um die Temperatur von gasförmigen oder flüssigen Fluiden zu erfassen. Sauerstoffsensoren **16A**, **16B** sind eingerichtet, um den Sauerstoffanteil in Gasgemischen zu erfassen. Generell sind sämtliche Ausführungsformen nicht auf die genannten Sensoren beschränkt, vielmehr dient die vorangegangene Auflistung einem Ausführungsbeispiel zur Ausführung des im weiteren Verlauf beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Anordnung von Sensoren stromaufwärts, unmittelbar an, in oder stromabwärts einzelner Komponenten verdeutlicht hierbei deren messtechnische Erfassung bezüglich ihrer Funktionsweise im Kontext der betrachteten Gesamtverhaltensweise des technischen Systems. So ist es hinreichend bekannt, dass Sauerstoffsensoren **16A**, **16B** zum einen in der technischen Ausgestaltung von Lambdasonden und stromauf- sowie stromabwärts eines Abgaskatalysators **5** angeordnet zur Regelung des Brennverfahrens und zum anderen in der technischen Ausgestaltung von NO_x-Sensoren zur Überwachung von jenem Abgaskatalysator **5** selbst anwendbar sind.

[0016] In einer Ausführungsform umfasst das Fahrzeugsteuergerät **2** weiterhin eine Simulationseinrichtung **17**, innerhalb welcher die einzelnen Komponenten des Antriebsstranges modellhaft abgebildet sind und durch entsprechende Ausgangsgrößen jener Komponenten simulierbar sind, sowie eine Diagnoseeinrichtung **18**, die eingerichtet ist, um die Informationen aus der Sensorerfassungseinrichtung **12**, in Form von Messwerten, sowie der Simulationseinrichtung **18**, in Form von Simulationswerten, miteinander auszuwerten sowie das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen. In einer alternativen Ausführungsform umfasst das Kraftfahrzeug **1** eine Anzeigeeinrichtung **19**, die eingerichtet ist, um Informationen aus der Diagnoseeinrichtung **18** zu erhalten und visuell darzustellen, wie beispielsweise Fehlermeldungen. Weiterhin kann das Fahrzeugsteuergerät **2** einen oder mehrere Datenspeicher **20** umfassen, die eingerichtet sind, um Informationen aus den bereits genannten Einrichtungen vollständig oder teilweise sowie temporär oder dauerhaft zu speichern. Erneut sei angemerkt, dass der entsprechende Aufbau und die Funktionsweise der Steuerung eines verbrennungsmotorischen Antriebsstrangs bereits hinreichend bekannt und somit auch nicht in der generellen Auslegung Gegenstand der Erfindung ist, wobei der Bezug auf einen hier beschriebenen verbrennungsmotorischen Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges **1** lediglich als ein Ausführungsbeispiel zur näheren Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu verstehen ist.

[0017] Bezugnehmend auf **Fig. 2** sei die Funktionsweise des Informationsflusses **26** am Ausführungsbeispiel eines ausgewählten Ausschnittes eines verbrennungsmotorischen Antriebsstranges verdeutlicht, in dessen Zentrum die Brennkraftmaschine **3** selbst steht. Der Informationsfluss **26** ist im Sinne der Erfindung zu verstehen als die Gesamtheit zwischen einzelnen Komponenten übertragbarer Informationen, welche Eingangsgrößen, Ausgangsgrößen oder auch die Wechselwirkung sämtlicher Kommunikation umfassen können. Innerhalb des Fahrzeugsteuergerätes **2** sind einzelne Informationen über elektrische, elektronische, digitale oder sämtliche weitere Leitungsbahnen oder Schnittstellen übertragbar sowie durch die Sensorerfassungseinrichtung **12** aus der weiteren Peripherie sowie aus Sensoren empfangbar. Stellvertretend als eine messbare Ausgangsgröße der Brennkraftmaschine **3** kann hierbei beispielsweise die Temperatur des Abgases der Brennkraftmaschine **3** verlassenden Abgasmassenstromes gelten, beispielhaft erfassbar durch eine Temperaturmessstelle **T**, umfassend einen Temperatursensor **15**. In Bezug auf das zu überwachende Gesamtverhalten des dargestellten Ausschnittes des verbrennungsmotorischen Antriebsstranges, bezogen auf die ausgestoßenen Abgasemissionen, sind stromaufwärts der Brennkraftmaschine **3** die Positionen eines Kraftstoffeinspritzventils **7** und diesem zugehörig einzelne Komponenten aus der Kraftstoffeinspritzsteuerung **10**, umfassend eine Aktuatoransteuerungseinrichtung **21** und eine Kraftstoffmengenregeleinrichtung **22** sowie ein Kraftstoffspeicher **8** angeordnet. Innerhalb der hier nicht dargestellten Kraftstoffleitung **9** zwischen Kraftstoffspeicher **8** und Kraftstoffeinspritzventil **7** ist eine Druckmessstelle **p**, umfassend einen Drucksensor **14** angeordnet, um in beispielhafter Art und Weise eine Ausgangsgröße für Komponenten der Kraftstoffversorgung zu repräsentieren. Stromabwärts der Brennkraftmaschine **3** sind ein erster Sauerstoffsensor **16A**, ein Abgaskatalysator **5**, in Form eines Drei-Wege-Katalysators (TWC) sowie ein zweiter Sauerstoffsensor **16B** angeordnet. Die beiden Sauerstoffsensoren können beispielsweise als eine Lambdasonde oder auch ein NO_x-Sensor ausgestaltet sein, wobei deren detaillierte Funktion im Kontext des erfindungsgemäßen Verfahrens eine untergeordnete Stellung bezieht. Entsprechend der generellen Funktion als Sauerstoffsensor sind diese jedoch ebenfalls als geschlossene Teilsysteme zu betrachten, umfassend jeweils eine Pumpzelle **23**, eine Messzelle **24** sowie eine Regeleinrichtung **25**. Die generelle Funktionsweise von Sauerstoffsensoren ist hinreichend bekannt und soll an dieser Stelle nicht näher erläutert werden. Die genannten Messstellen, umfassend die Temperaturmessstelle **T** und die Druckmessstelle **p**, stellen durch die messtechnische Erfassung der Ausgangsgrößen, jeweils der Brennkraftmaschine **3** und des Kraftstoffspeichers **8**, Überwachungsmessstellen **27** zur Ermittlung der Abweichung zwischen einer potentiellen Simulation der Abgastemperatur und des Kraftstoffdruckes zu deren Messwerten dar. Generell sind Überwachungsmessstellen **27** im Sinne der Erfindung eingerichtet, um die Abweichung zwischen Messwerten und Simulationswerten derselben Ausgangsgröße derselben Komponente zu erzeugen. Die Messwerte können hierbei zum einen mittels Sensoren physikalisch erfassbare Signalwerte, aber auch innerhalb des Fahrzeugsteuergerätes **2** berechnete oder anderweitig modellierte digitale Signalwerte, wie Steuer- und Regelgrößen oder weitere umfassen. In einer Ausführungsform werden erfindungsgemäß die Residuen aus der erfassbaren Abweichung zwischen Messung und Simulation ermittelt.

[0018] Bezugnehmend auf **Fig. 3A** sind gemäß einer Ausführungsform ausgewählte Überwachungsmessstellen **27** als Residuen **R** gekennzeichnet, sodass beispielsweise jene Überwachungsmessstellen **27** der mittels Sensoren erfassbaren Ausgangsgrößen der Druckmessstelle **14** und der Temperaturmessstelle **15** als die Residuen **R3** und **R4** gekennzeichnet sind. In einer alternativen Ausführungsform sind solche Residuen **R** an jeder beliebigen Überwachungsmessstelle **27** des Informationsflusses aufstellbar, an denen eine messtechnische Erfassung der Ausgangsgröße einer ansonsten modellierbaren oder auch simulierbaren Komponente erfolgt, was entsprechend bereits vorhandene oder nachträglich angebrachte Sensoren eines bestehenden Antriebsstranges oder technischen Systems einschließt. In einer alternativen Ausführungsform sind die Residuen **R** an jeden Komponenten aufstellbar, denen gemäß einem Informationsfluss **26** stromaufwärts modellierte oder simulierte Eingangsgrößen zuführbar sind, sodass deren erzeugte Ausgangsgrößen, jeweils mittels realer und modellierter / simulierter Eingangsgrößen miteinander vergleichbar sind. Entsprechend sind gemäß **Fig. 3A** beispielhaft weitere Residuen **R** an unterschiedlichen Komponenten innerhalb des Antriebsstranges angeordnet, umfassend die Ausgangsgrößen der Kraftstoffmengenregeleinrichtung **22** (**R1**), der Aktuatorsteuerungseinrichtung **21** (**R2**), der Messzelle **24** des ersten Sauerstoffsensors **16A** (**R5**), der Regeleinrichtung **25** des ersten Sauerstoffsensors **16A** (**R6**), der Messzelle **24** des zweiten Sauerstoffsensors **16B** (**R7**) sowie der Regeleinrichtung **25** des zweiten Sauerstoffsensors **16B** (**R8**). Es sei hierbei angemerkt, dass die Auswahl der Positionen für einzelne Residuen **R** beliebig frei und anwendungsgerecht wählbar sind sowie nicht durch das dargelegte Ausführungsbeispiel beschränkt sein sollen. Vielmehr dient die beispielhafte Ausführung der unterstützenden qualitativen Beschreibung der generellen Funktionsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0019] In **Fig. 3A** ist weiterhin die beispielhafte qualitative Entstehung eines Residuensatzes **28** bei einem fehlerhaften Kraftstoffeinspritzventil **7** und ohne Auftrennung des Informationsflusses **26** dargestellt. Ein Residuensatz **28** im Sinne der Erfindung ist die Kombination der Werte der einzelnen Residuen **R** für einen bestimmten Zustand des technischen Systems. Die Werte der einzelnen Residuen **R** sind hierbei sowohl qualitativ, also entsprechend einer Abweichung von 0, als auch quantitativ, also mit einem Zahlenwert belegt, darstellbar.

[0020] In einer Ausführungsform erfolgt die Identifizierung einer fehlerhaften Komponente durch das Zuordnen einer binären Wertigkeit zu jedem berechneten Residuum **R**. Zur qualitativen Identifizierung einer fehlerhaften Komponente, wie in beispielhafter Art und Weise für ein fehlerhaftes Kraftstoffeinspritzventil **7** dargestellt, ist zunächst die binäre

Betrachtung von Bedeutung. Gemäß der Darstellung in **Fig. 3A** und den weiteren folgenden Darstellungen gelten unausgefüllte Residuen **R (R1, R2, R5, R7)**, also in schwarzer Beschriftung auf weißem Grund, als normalfunktionierend oder auch fehlerfrei und ausgefüllte Residuen **R (R3, R4, R6, R8)**, also in weißer Beschriftung auf schwarzem Grund, als defekt oder fehlerbehaftet.

[0021] In einer Ausführungsform ist einer fehlerfreien Komponente die binäre Wertigkeit von 1 zuzuordnen, wobei dies einer Abweichung zwischen Messwerten und Simulationswerten von 0 oder einer adaptierbaren Fehlertoleranz entspricht. Demgemäß ist einer fehlerhaften Komponente eine binäre Wertigkeit von 0 zuzuordnen, wobei dies einer Abweichung von ungleich 0 oder entsprechend einer betragsmäßig größeren Abweichung von einer vorgegebenen Fehlertoleranz entspricht. Die exakte Ausgestaltung der binären Wertigkeit ist hierbei von geringerer Bedeutung und in Anbetracht von deren Funktionsweise lediglich der Kennzeichnung einer Komponente als fehlerfrei oder defekt, oder einer vorhandenen Abweichung in den aufgestellten Residuen **R** dienlich.

[0022] Weißt nunmehr das Kraftstoffeinspritzventil **7** eine fehlerhafte Verhaltensweise auf, so wird sich in unmittelbarem physikalischen Zusammenhang zunächst stromaufwärts des Informationsflusses **26** eine messbare Abweichung **R3** zwischen gemessenem und Solldruck des Kraftstoffes innerhalb des Kraftstoffspeichers **8** oder der Kraftstoffleitung **9** sowie stromabwärts eine messbare Abweichung **R4** zwischen gemessener und modellierter Abgastemperatur einstellen, welche durch die zugehörigen Funktionen innerhalb des Fahrzeugsteuergerätes **2** erkannt werden. In der physikalischen Wirkfolge werden entsprechend auch messbare Regelabweichungen **R6, R8** innerhalb der Sauerstoffsensoren **16A, 16B**, vor und nach dem Abgaskatalysator **5** entstehen. Innerhalb des abgebildeten Zustandes ergibt sich nunmehr ein erster Residuensatz **28A**, welcher als farblich unterscheidbare Aneinanderreihung der einzelnen qualitativ aufgestellten Residuen **R** dargestellt ist.

[0023] **Fig. 3B** zeigt nun die beispielhafte qualitative Entstehung eines zweiten Residuensatzes **28B** bei einem fehlerhaften Kraftstoffeinspritzventil **7**, mit Auftrennung des Informationsflusses **26** innerhalb der Kraftstoffleitung **9** und Simulation sämtlicher informationsabwärtiger Komponenten. Dem Schritt der Auftrennung des Informationsflusses **26** an verschiedenen Positionen innerhalb von selbigem liegt erfindungsgemäß die Intention zugrunde, die Simulationsmodelle der stromabwärtigen Komponenten nicht mehr mit modellierten oder simulierten Eingangsgrößen aus den stromaufwärtigen Komponenten zu speisen, sondern mittels realer, fehlerbehafteter Signale, sodass sich die aufgestellten Residuen **R** entsprechend der Fehlerfortpflanzung einstellen oder aufheben. In einer Ausführungsform wird der Informationsfluss **26** durch eine erste Trennstelle **D1** unmittelbar stromaufwärts vor dem fehlerhaften Kraftstoffeinspritzventil **7** unterbrochen, wobei das durch den Drucksensor **14** real gemessene Signal des Kraftstoffdruckes anstelle des modellierten Kraftstoffdruckes in das Simulationsmodell des Kraftstoffeinspritzventils geleitet wird. In der Folge sind nun sämtliche Komponenten, welche in einem physikalischen Wirkzusammenhang mit dem veränderten Kraftstoffdruck stehen und mit jener realen Eingangsgröße weiter simuliert werden, schraffiert dargestellt. Bezugnehmend auf die Darstellung aus **Fig. 3A** ist bekannt, dass sich aufgrund des fehlerhaften Kraftstoffeinspritzventils **7** Abweichungen, beispielsweise in der Abgastemperatur stromabwärts der Brennkraftmaschine **3** und weiteren Überwachungsmessstellen **27** einstellen werden. Erfindungsgemäß werden die schraffiert dargestellten Komponenten in ihrer Wirkkette nun jedoch mit jenen Eingangsgrößen gespeist, welche aus der Anwendung der realen Fehlergröße des Kraftstoffdruckes aus dem ermittelten Residuum **R3** entstehen. In der Folge weisen die stromabwärtig angeordneten weiteren Residuen **R4** bis **R8** keine Abweichungen mehr auf, da deren simuliertes fehlerhaftes Verhalten aufgrund der angewendeten fehlerhaften Signale durch die Trennstelle **D1** mit dem real fehlerhaften Verhalten übereinstimmt. Der sich hierbei ergebende zweite Residuendatensatz **28B** weist nunmehr eine einzige Abweichung innerhalb der Kraftstoffleitung **9** auf. An dieser Stelle ist anzumerken, dass bei der Diagnose von fehlerhaften Komponenten, die zu identifizierende fehlerhafte Komponente anwendungsgemäß nicht bereits vorher bekannt ist, sodass es vorteilhaft ist, eine entsprechende Trennstelle **D1** innerhalb des Informationsflusses unmittelbar an die nächste Überwachungsmessstelle **27** stromaufwärts anzubringen.

[0024] In einer Ausführungsform wird, bezugnehmend auf **Fig. 3C**, die Auftrennung des Informationsflusses **26** an einer zweiten Trennstelle **D2** vorgenommen, welche unmittelbar stromaufwärts des Abgaskatalysators **5** sowie stromabwärts des ersten Sauerstoffsensors **16A** angeordnet ist, sodass dessen Eingangsgrößen des Simulationsmodells aus der Ausgangsgröße der Regeleinrichtung **25** des ersten Sauerstoffsensors **16A** gespeist wird. Der sich nunmehr durch den Defekt des Kraftstoffeinspritzventils **7** fortgepflanzte Fehler wird erfindungsgemäß als reales fehlerhaftes Signal in den Abgaskatalysator **5** eingebracht, sodass sich die messbaren Abweichungen der stromabwärtigen Residuen **R7, R8** aufheben. Aufgrund der Auftrennung des Informationsflusses **26** weiter stromabwärts der fehlerhaften Komponente können jedoch entsprechend stromaufwärts der zweiten Trennstelle **D2** weiterhin Abweichungen zwischen Messung und Simulation bestehen, wobei hierbei beispielhaft die Residuen **R3, R4** und **R6** eine zugehörige Abweichung abbilden. Erfindungsgemäß ergibt sich auch hierbei ein auf diesen spezifischen Zustand der Auftrennung des Informationsflusses **26** bestimmter dritter Residuensatz **28C**, welcher die qualitative Codierung enthält, dass bei der entsprechenden zweiten Trennstelle **D2** die Residuen **R1, R2, R5, R7** und **R8** keine Abweichung und die Residuen **R3, R4** und **R6** eine nachweisbare Abweichung aufweisen. Nach dieser Vorgehensweise sind erfindungsgemäß an jeder beliebigen Stelle des Informationsflusses **26** Trennstellen **D1, D2, ..., Dn** einführbar, welche jeweils einen zum vorhandenen Fehlerfall spezifischen qualitativen Residuensatz **28** erzeugen.

[0025] In einer Ausführungsform erfolgt die Identifizierung einer fehlerhaften Komponente durch das Bilden einer Residuenmatrix **29**. Bezugnehmend auf **Fig. 4** sind für einen Fehlerfall für jede Trennstelle **D** sämtliche Residuensätze **28** aufstellbar und können in einer Residuenmatrix **29** zusammengefasst werden. Bei einer Anzahl **n** an anwendungsgerecht aufgestellten Trennstellen **D** ergeben sich auf vorteilhafte Art und Weise $2^n - 1$ mögliche Kombinationen. Eine solche Kombination ist mit einem Diagnosemuster gleichzusetzen, durch welches der vorliegende Fehlerfall erfindungsgemäß qualitativ identifiziert werden kann. Durch Erhöhung der Anzahl **n** an Trennstellen **D** ist die Einzigartigkeit der einzelnen Diagnosemuster und somit die Genauigkeit der Identifizierung eines spezifischen Fehlerfalls oder auch einer defekten Komponente in vorteilhafter Art und Weise präziser abbildbar. Somit sind beispielsweise für bekannte Fehlverhalten von Komponenten spezifische Diagnosemuster, entsprechend der vorhandenen Trennstellen **D** und aufgestellten Residuen **R** aufstellbar und innerhalb einer Datenbank speicherbar. Während einer Diagnose kann die aktuell aufgestellte Residuenmatrix **29** erfindungsgemäß vorteilhaft mit den vorhandenen Diagnosemustern schablonenartig verglichen werden, um auf die fehlerhafte Komponente zu schließen. In vorteilhafter Art und Weise ist das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin mit einem Lernalgorithmus erweiterbar, sodass neue oder unbekannte Verhaltensweisen, welche in jenem aktuellen Zustand nicht mittels Diagnosemustern identifizierbar sind, bei nachträglicher Identifizierung durch einen Fachmann, als neues Diagnosemuster abgelegt werden können, sodass dieses beispielsweise nach einem Softwareupdate einer Fahrzeugflotte in die Datenspeicher **20** der jeweiligen Fahrzeugsteuergeräte **2** übertragbar und fortan zur Diagnose verwendbar ist.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch bereits mit wenigstens einer vorhandenen Trennstelle **D** anwendbar, wobei zumindest anhand einer einzelnen Trennstelle **D** mittels vorhandener Überwachungsmessstellen **27** zur Erzeugung der Residuen **R** eine Aussage darüber getroffen werden kann, ob ein potentieller Fehlerfall stromaufwärts oder stromabwärts der zugehörigen Trennstelle **D** vorhanden ist. Die Effektivität oder auch Genauigkeit der qualitativen Diagnose einer fehlerhaften Komponente durch das erfindungsgemäße Verfahren ist somit abhängig von der Position und Anzahl der Trennstellen **D** und der entsprechenden Position und Anzahl der aufgestellten Residuen **R**. Generell gilt somit, je mehr Trennstellen **D** eingebracht werden, umso genauer lässt sich die Position der Defektstelle innerhalb des Informationsflusses bestimmen und, je mehr Residuen **R** aufgestellt werden, umso genauer lässt sich die fehlerhafte Komponente als solche identifizieren. In einer vorteilhaften Ausführungsform wird stromabwärts sämtlicher zu überwachender Komponenten Sensorik oder Peripherie angeordnet, um jeweilige Residuen **R** aufstellen zu können und der Informationsfluss innerhalb der Diagnose jeweils zwischen benachbarten Komponenten aufgetrennt. Alternativ ist jede weitere Kombination aus Position und Anzahl, sowohl von aufgestellten Residuen **R** als auch von eingefügten Trennstellen **D** anwendungsgerecht einstellbar.

[0027] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel zur Diagnose der quantitativen Verschlechterung eines Abgaskatalysators **5** offenbart. **Fig. 5A** zeigt beispielhaft die Entstehung eines quantitativen Residuensatzes **28** für ausgewählte Komponenten einer Abgasnachbehandlung im neuwertigen Zustand, also ohne defekte Komponente. Im ausgewählten Ausführungsbeispiel zur Diagnose der quantitativen Verschlechterung eines Abgaskatalysators **5** werden die Residuen **R5**, **R6**, **R7** und **R8** aus den Sauerstoffsensoren **16A**, **16B** gebildet, welche innerhalb der Fahrzeugsteuerung zur Überwachung des Abgaskatalysators **5** herangezogen werden. Im neuwertigen Zustand des Abgaskatalysators **5**, also ohne Fehlerfall oder thermische Alterung, weist kein Residuum **R** eine Abweichung auf. Der nach solcherart gebildete Residuensatz umfasst entsprechend für jedes Residuum **R** den Eintrag 0 auf. **Fig. 5B** zeigt im Gegenzug den gealterten Zustand, wobei aufgrund der beeinträchtigten Funktionsweise des Abgaskatalysators **5** beispielsweise eine geringe positive Messabweichung innerhalb der Messzelle **24** des ersten Sauerstoffsensors **16A** von **R5** = 1,6 und als entsprechende Reaktion darauf eine geringe negative Regelabweichung innerhalb der Regeleinrichtung **25** des ersten Sauerstoffsensors **16A** von **R6** = -0,2 entsteht. Gleichsam der beeinträchtigten Funktionsweise des Abgaskatalysators **5** geschuldet, entsteht eine positive Messabweichung innerhalb der Messzelle **24** des zweiten Sauerstoffsensors **16B** von **R6** = 25 und als entsprechende Reaktion darauf eine negative Regelabweichung innerhalb der Regeleinrichtung **25** des zweiten Sauerstoffsensors **16B** von **R8** = -16. Der nach solcherart erzeugte Referenzresiduensatz **R28A** ist vergleichend unter den Residuensatz **28** des neuwertigen Zustandes abgebildet. In einer Ausführungsform werden die Residuen **R** der Sauerstoffsensoren **16A**, **16B** und / oder weiterer Komponenten für den vollständig gealterten Abgaskatalysator **5** vorbestimmt und als untere Grenze der Funktionsfähigkeit der Abgasnachbehandlung im Fahrzeugsteuergerät **2** hinterlegt.

[0028] In einer Ausführungsform entspricht der Referenzresiduensatz **28A** dem Residuensatz **28**, der das aktuelle Gesamtverhalten des zu diagnostizierenden technischen Systems abbildet, wobei dieser entsprechend sämtliche aufgestellte Residuen **R**, welche zur Diagnose des ausgewählten Gesamtverhaltens aufgestellt worden sind, umfasst und, wobei (noch) keine Trennstelle **D** innerhalb des Informationsflusses **26** eingefügt wurde.

[0029] Bezugnehmend auf **Fig. 5C** erfolgt während der Diagnose des Abgaskatalysators **5** erfindungsgemäß eine Auftrennung des Informationsflusses **26** an einer ersten Trennstelle **D1**, unmittelbar stromaufwärts des Abgaskatalysators **5**, wobei analog zur qualitativen Diagnose des Antriebsstranges die Simulationsmodelle der stromabwärts der Trennstelle **D1** mittels des fehlerhaften Signals beaufschlagt werden. Aufgrund des während der Diagnose noch unbekannten Alterungszustandes des Abgaskatalysators **5** ist dessen Grad der Verschlechterung unbekannt. Es stellen sich

5 nunmehr für die Abweichungen stromaufwärts der Trennstelle **D1** die bekannten Abweichungen des gealterten Zustandes ein, sodass **R5** = 1,6 und **R6** = -0,2 gilt. Aufgrund der veränderten Eingangsgrößen innerhalb der Simulationsmodelle des Abgaskatalysators **5** und des gesamten zweiten Sauerstoffsensors **16B** stellen sich veränderte Abweichungen ein, sodass beispielsweise **R7** = 21 und **R8** = -12 gilt. Der nach solcherart erzeugte Residuensatz **28B** für die erste Trennstelle

10 **D1** wird zur vergleichenden Übersicht als weitere Zeile der aufgestellten Residuenmatrix **29** beigelegt.
[0030] Bezugnehmend auf **Fig. 5D** erfolgen während der Diagnose des Abgaskatalysators **5** erfindungsgemäß weitere Auftrennungen des Informationsflusses, wie beispielsweise an einer zweiten Trennstelle **D2**, unmittelbar stromaufwärts der Regeleinrichtung **25** des zweiten Sauerstoffsensors **16B**, wobei analog zur qualitativen Diagnose des Antriebsstranges die Simulationsmodelle der stromabwärts der zweiten Trennstelle **D2** mittels des fehlerhaften Signals beaufschlagt werden. Da innerhalb des zweiten Sauerstoffsensors **16B** eine Regelschleife mit einer Rückführung der Signale der Regelabweichung **25** in die Pumpzelle **23** angeordnet ist, werden auch diese Komponenten, sowie die zugehörige Messzelle **24** mit dem fehlerhaften Signal **R7** = 25 des gealterten Abgaskatalysators **5** beaufschlagt. Es stellen sich nunmehr für die Abweichungen stromaufwärts der Trennstelle **D1** die bekannten Abweichungen des gealterten Zustandes ein, sodass **R5** = 1,6 und **R6** = -0,2 sowie **R7** = 25 gilt. Aufgrund der veränderten Eingangsgrößen innerhalb der Simulationsmodelle des zweiten Sauerstoffsensors **16B** stellen sich die veränderten Abweichungen **R8** = -4,4 ein. Der nach solcherart erzeugte Residuensatz **28C** für die erste Trennstelle **D2** wird zur vergleichenden Übersicht als weitere Zeile der aufgestellten Residuenmatrix **29** beigelegt.

15 **[0031]** In einer Ausführungsform entspricht die nach solcherart aufgestellte Residuenmatrix **29** einem Diagnosemuster, um die Verschlechterung der Abgasnachbehandlung als Komponenten des Kraftfahrzeugantriebsstranges, insbesondere der Alterung des Abgaskatalysators **5** quantitativ zu bestimmen. Durch die Auftrennung des Informationsflusses **26** mittels Trennstellen **D** in Teilstrecken werden erfindungsgemäß sukzessiv Teilstrecken des gesamten Simulationsmodells des Kraftfahrzeugantriebsstranges simuliert, wobei lokale Residuen **R** berechnet werden, welche wiederum in vorteilhafter Art und Weise als ein Maß für die Verschlechterung der entsprechenden Teilstrecke interpretiert werden können. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Interpretation über die Verschlechterung der Teilstrecken, und somit über die einzelnen Komponenten des Kraftfahrzeugantriebsstranges, über das Bilden von Residuendifferenzen ΔR . Innerhalb der Residuenmatrix **29** steht der Residuensatz **28A** "alt" nunmehr stellvertretend für den gealterten Zustand oder auch die Verschlechterung des gesamten Kraftfahrzeugantriebsstranges. Der Residuensatz **28B** "D1" der ersten Trennstelle **D1** umfasst entsprechend die Verschlechterung sämtlicher Komponenten stromaufwärts von jener Trennstelle **D1**, da die stromabwärtigen Simulationsmodelle mit den realen, fehlerbehafteten Signalen gespeist werden. Erfindungsgemäß vorteilhaft bildet nunmehr die Differenz der Residuensätze **28A** "alt" und **28B** "D1" die Verschlechterung der Teilstrecke stromabwärts der Trennstelle **D1** ab, also die Komponenten Abgaskatalysator **5** und zweiter Sauerstoffsensor **16B**. Somit gelten für die Abweichungen dieser Teilstrecke $\Delta R7(\text{alt-D1}) = 25 - 21 = -4$ und $\Delta R8(\text{alt-D1}) = -16 - (-12) = 4$.

20 **[0032]** Eine Aufteilung der Residuendifferenzen ΔR allein nach dem Abgaskatalysator **5** ist jedoch mit den innerhalb des Ausführungsbeispiels gewählten Residuen **R** und Trennstellen **D** nicht möglich. Jedoch bildet die Abweichung **R8** der Regeleinrichtung **25** des zweiten Sauerstoffsensors **16B** die Teilstrecke Sauerstoffsensor **16B** nach Abgaskatalysator **5** aus, welche durch die Residuendifferenz $\Delta R8(\text{alt-D2}) = -16 - (-4,4) = 11,6$ abgebildet werden kann. Somit entspricht die Matrix **M** der Residuendifferenzen ΔR nach Gl.1 einem Maß für die Verschlechterung des Abgaskatalysators **5**.

$$40 \quad M = \begin{pmatrix} \Delta R7_{(\text{alt}, D1)} & \Delta R8_{(\text{alt}, D1)} \\ 0 & \Delta R8_{(\text{alt}, D2)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4 & 4 \\ 0 & 11,6 \end{pmatrix} \quad \text{Gl. 1}$$

45 **[0033]** Die Residuendifferenzen ΔR als solche sowie die Residuenmatrix **M** einzelner Teilstrecken bilden demnach in vorteilhafter Art und Weise Informationen über die Verschlechterung oder auch den Alterungszustand von Komponenten eines Kraftfahrzeugantriebsstranges oder auch eines generellen technischen Systems. Je nach dem Aufstellen der Residuen **R** und dem Setzen von Trennstellen **D** sind einzelne Teilstrecken innerhalb des Informationsflusses **26** extrahierbar, durch welche sich einzelne Komponenten diagnostizieren lassen. Die hierbei verwendeten Signale und sonstigen Informationen über das technische System sind fortwährend im Betrieb jenes Systems vorhanden, sodass zur Diagnose des gesamten Systems, einzelner Teilstrecken oder einzelner Komponenten erfindungsgemäß vorteilhaft keine Stelleingriffe oder sonstige Veränderungen der Betriebsparameter erfolgen müssen. Zusätzlich ist das erfindungsgemäße Verfahren auf einfache Art und Weise an die jeweilige technische Anwendung adaptierbar, sodass vorhandene Sensoren oder Messmittel erfasst und berücksichtigt werden können, aber auch Erweiterungen, durch Berücksichtigung neuer Residuen **R** und Trennstellen **D** einbezogen werden können. Weiterhin können die nach solcherart aufgestellten Informationen bezogen auf die Verschlechterung oder auch den Alterungszustand innerhalb der Funktionen des Fahrzeugsteuergerätes **2** zurückgeführt werden, sodass betroffene Simulationsmodelle adaptiert werden können.

55 **[0034]** Der Tatsache geschuldet, dass sämtliche Ausgangsgrößen der zu überwachenden Komponenten, aufgrund der Funktionsweise des Fahrzeugsteuergerätes **2** kontinuierlich im laufenden Betrieb des technischen Systems oder

auch des Kraftfahrzeuges 1 berechnet oder, falls vorhanden, messtechnisch erfasst werden, ist die Diagnose gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren in vorteilhafter Art und Weise auch kontinuierlich anwendbar und bedarf weder Freischaltbedingungen, welche an physikalische oder digitale Betriebszustände gekoppelt sind, noch spezifisch eingestellte Betriebszustände oder Stimuli einzelner oder mehrerer zu überwachender Komponenten. Vielmehr ist das erfindungsgemäße Verfahren auf einfache Art und Weise softwaretechnisch in bereits existierende Steuergeräte 2 bestehender technischer Systeme oder Kraftfahrzeuge 1 implementierbar. Im Kontext der zu überwachenden ausgestoßenen Emissionsspezies im Anwendungsfall eines Kraftfahrzeuges 1 mit verbrennungsmotorischem Antriebsstrang sind gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ebenfalls die Gesamtwerte der emittierten Abgase modellierbar, wobei die ermittelten quantitativen Fehlermaße der einzelnen Komponenten als eine Art Verschleiß- oder Alterungszustand in die entsprechende Bedatung zur Funktionsweise der einzelnen Komponenten, innerhalb des Steuergerätes 2 zurückführbar sind.

Bezugszeichenliste

[0035]

1	Kraftfahrzeug
2	Steuergerät, Fahrzeugsteuergerät (ECU)
3	Brennkraftmaschine (ENG)
4	Luftansaugeinrichtung
5	Abgaskatalysator, Drei-Wege-Katalysator (TWC)
6	Abgasleitung
7	Kraftstoffeinspritzventil
8	Kraftstoffspeicher
9	Kraftstoffleitung
10	Kraftstoffeinspritzsteuereinrichtung
11	Luftansaugsteuereinrichtung
12	Sensorerfassungseinrichtung
13	Luftmassenstromsensor
14	Kraftstoffdrucksensor, p
15	Temperatursensor, T
16A, 16B	Sauerstoffsensoren
17	Simulationseinrichtung
18	Diagnoseeinrichtung
19	Anzeigeeinrichtung
20	Datenspeicher
21	Aktuatoransteuereinrichtung
22	Kraftstoffmengenregeleinrichtung
23	Pumpzelle
24	Messzelle
25	Regeleinrichtung
26	Informationsfluss
27	Überwachungsmessstelle
28, 28A, 28B, 28C	Residuensatz
29	Residuenmatrix
p	Druckmessstelle
D	Trennstelle
M	Matrix
R, ΔR	Residuum, Residuendifferenz
T	Temperaturmessstelle

Patentansprüche

1. Computerimplementiertes Verfahren zur Diagnose der Verschlechterung wenigstens einer Komponente eines technischen Systems, wobei die durch eine oder mehrere Komponenten erzeugten realen Ausgangsgrößen mittels Sensoren überwachbar oder digital durch ein Steuergerät 2 abbildbar sind und, wobei durch jene Komponenten erzeugte simulierte Ausgangsgrößen mittels Simulationsmodellen der jeweiligen Komponenten, welche in einem

Steuergerät 2 angeordnet sind, berechenbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diagnose

- das Berechnen von wenigstens einem Residuum **R** an einer Überwachungsmessstelle **27** innerhalb eines Informationsflusses **26** des technischen Systems, wobei ein Residuum **R** die Abweichung zwischen realen und simulierten Ausgangsgrößen darstellt,
- das Einfügen von wenigstens einer Trennstelle **D** innerhalb des Informationsflusses **26**, wobei die realen Ausgangsgrößen der stromaufwärts der Trennstelle **D** angeordneten Komponenten als Eingangsgrößen in die Simulationsmodelle der stromabwärts jener Trennstelle **D** angeordneten Komponenten geführt werden,
- das Aufstellen je eines Residuensatzes **28** für jede Trennstelle **D**,
- sowie die Identifizierung einer fehlerhaften Komponente in Abhängigkeit der aufgestellten Residuensätze **28** umfasst.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Identifizierung einer fehlerhaften Komponente das Zuordnen einer binären Wertigkeit zu jedem berechneten Residuum **R** sowie das Bilden einer Residuenmatrix **29** aus den aufgestellten Residuensätzen **28** umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Identifizierung einer fehlerhaften Komponente das Abgleichen der Einträge der Residuenmatrix **29** mit Diagnosemustern umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Referenzresiduensatz **28A** für die Verschlechterung des gesamten technischen Systems aufgestellt wird sowie, dass die Identifizierung einer fehlerhaften Komponente das Bilden einer Residuenmatrix **29** aus den aufgestellten Residuensätzen **28** umfasst sowie, dass das Berechnen von Residuendifferenzen ΔR aus den Residuen **R** eines Residuensatzes **28** einer Trennstelle **D** mit den zugehörigen Residuen **R** des Referenzresiduensatzes **28A** als ein Maß für die Verschlechterung einer Teilstrecke des technischen Systems, umfassend wenigstens eine Komponente, ermittelbar ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlung der Verschlechterung einer Teilstrecke des technischen Systems das Einfügen von wenigstens zwei Trennstellen **D1**, **D2** innerhalb des Informationsflusses **26** sowie das Aufstellen von wenigstens zwei Residuensätzen **28B**, **28C**, zusätzlich zum Referenzresiduensatz **28A**, umfasst, wobei wenigstens jeweils die Residuendifferenzen ΔR zwischen einem ersten Residuensatz **28B** und dem Referenzresiduensatz **28A** sowie zwischen einem zweiten Residuensatz **28C** und dem Referenzresiduensatz **28A** berechnet werden, wobei eine Matrix **M**, umfassend die berechneten Residuendifferenzen ΔR der wenigstens zwei Residuensätze **28B**, **28C** mit dem Referenzresiduensatz **28A**, als Maß für die Verschlechterung einer Teilstrecke des technischen Systems, umfassend wenigstens eine Komponente, ermittelbar ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste Trennstelle **D1** unmittelbar stromaufwärts und eine zweite Trennstelle **D2** unmittelbar stromabwärts einer zu diagnostizierenden Komponente, innerhalb des Informationsflusses **26** eingefügt wird, wobei die Matrix **M**, umfassend die berechneten Residuendifferenzen ΔR der wenigstens zwei Residuensätze **28B**, **28C** mit dem Referenzresiduensatz **28A**, als Maß für die Verschlechterung jener Komponente ermittelbar ist.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das technische System ein Kraftfahrzeug **1** sowie die Komponenten Elemente eines Kraftfahrzeugantriebsstranges umfassen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kraftfahrzeug **1** ein Kraftfahrzeugantriebsstrang sowie die Elemente eine oder mehrere Brennkraftmaschinen **2**, Abgaskatalysatoren **5**, Kraftstoffeinspritzventile **7**, Drucksensoren **14**, Temperatursensoren **15** oder Sauerstoffsensoren **16** umfassen.

9. Fahrzeugsteuergerät **2**, das eingerichtet ist, um ein Verfahren nach Anspruch 8 auszuführen, umfassend wenigstens je eine Sensorerfassungseinrichtung **12**, die eingerichtet ist, um die Signale von Sensoren zu empfangen, zu verarbeiten und weiterzuleiten, eine Simulationseinrichtung **17**, die eingerichtet ist, um einzelne Elemente modellhaft abzubilden und Ausgangsgrößen jener Elemente zu simulieren, eine Diagnoseeinrichtung **18**, die eingerichtet ist, um Informationen aus der Sensorerfassungseinrichtung **12**, in Form von Messwerten, sowie der Simulationseinrichtung **17**, in Form von Simulationswerten, miteinander auszuwerten.

10. Kraftfahrzeug **1**, das eingerichtet ist, um ein Verfahren nach Anspruch 8 auszuführen, umfassend ein Fahrzeugsteuergerät **2**, nach Anspruch 9.

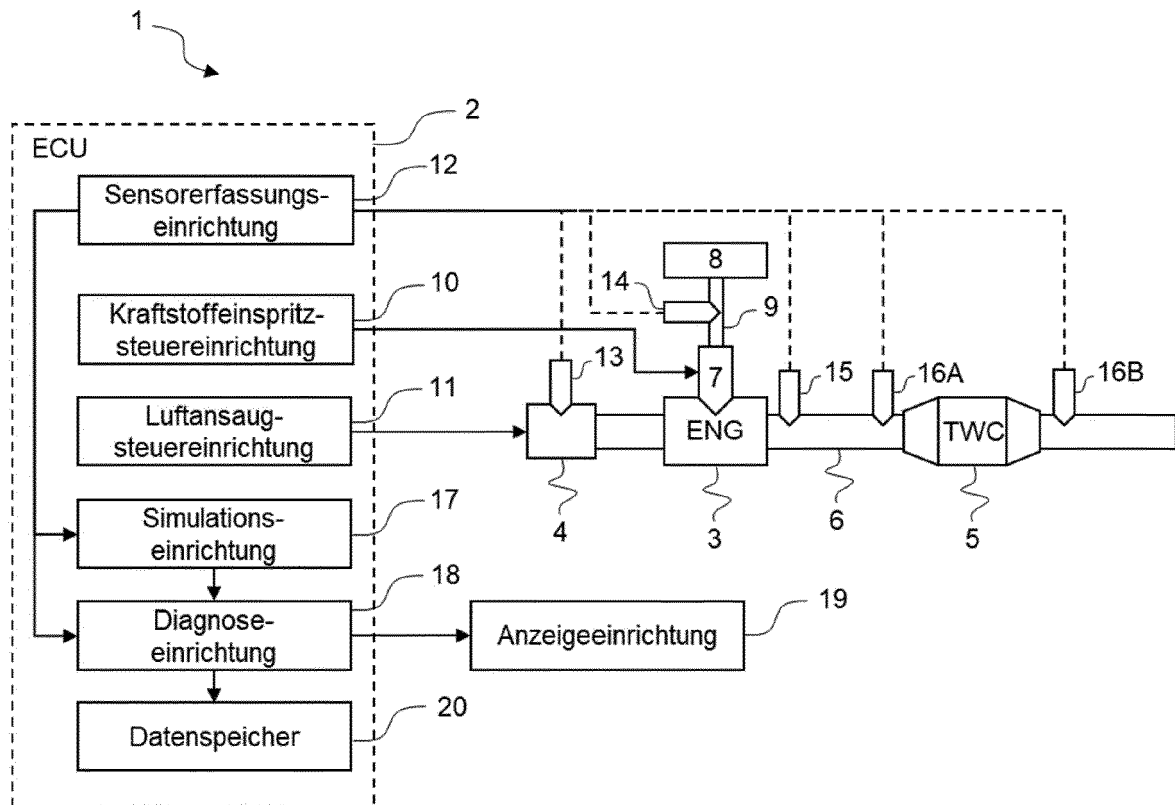


Fig. 1

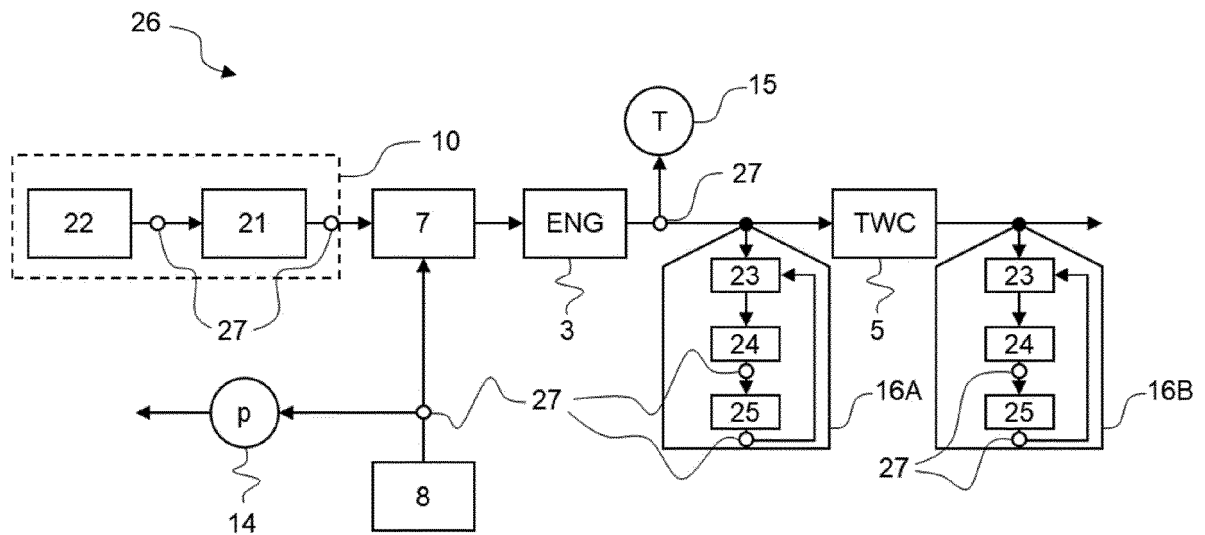


Fig. 2

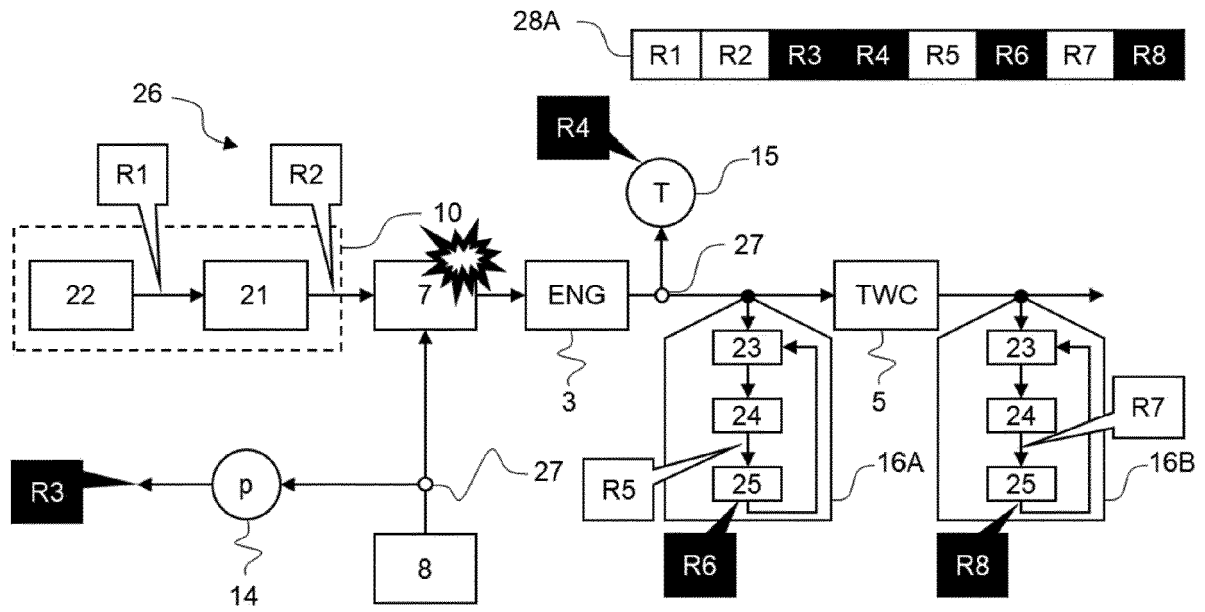


Fig. 3A

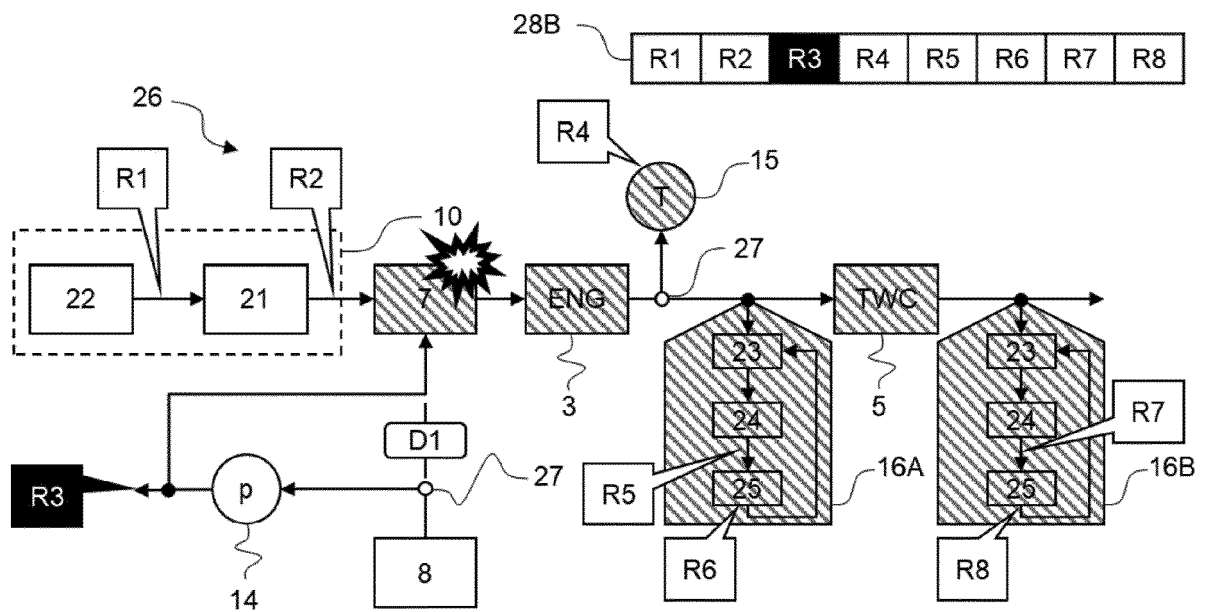


Fig. 3B

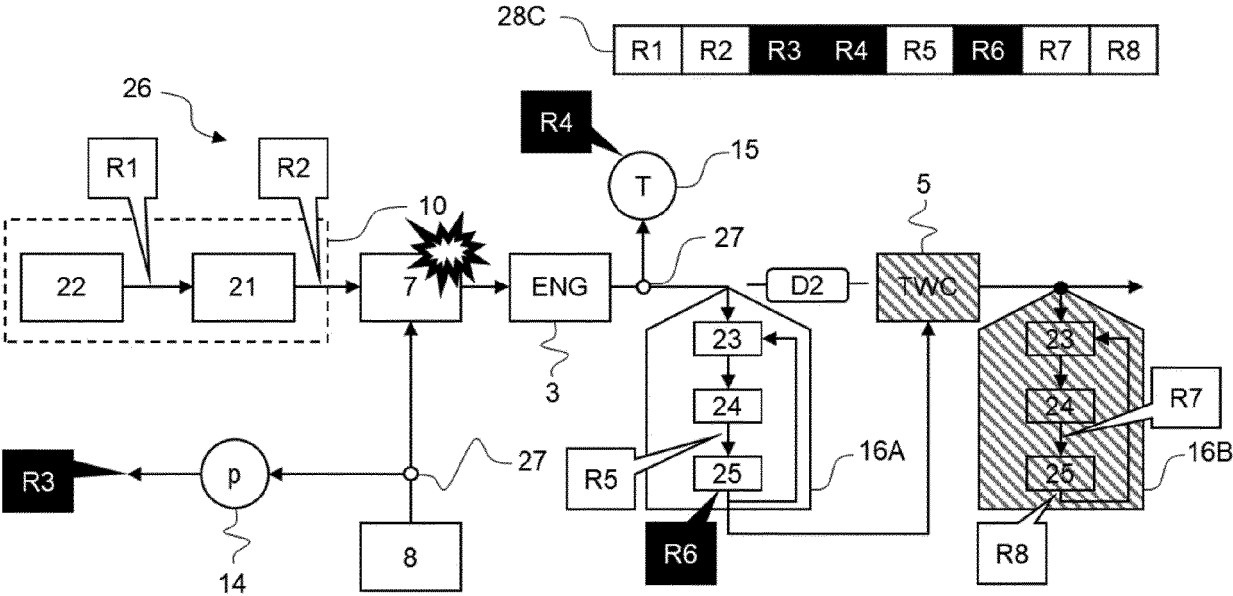


Fig. 3C

29

iO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
niO								
D1								
D2								
D3								
...								

Fig. 4

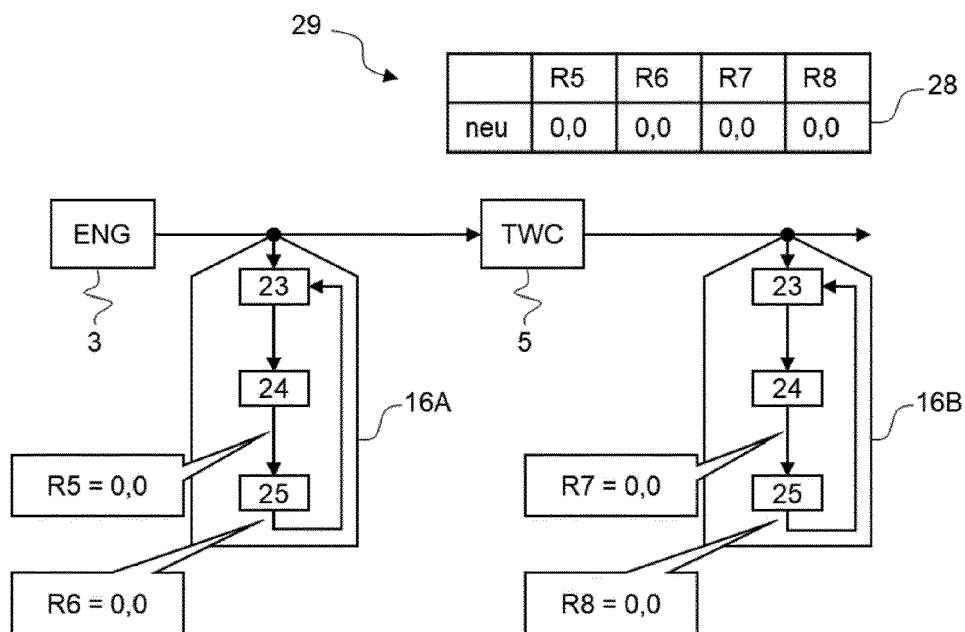


Fig. 5A

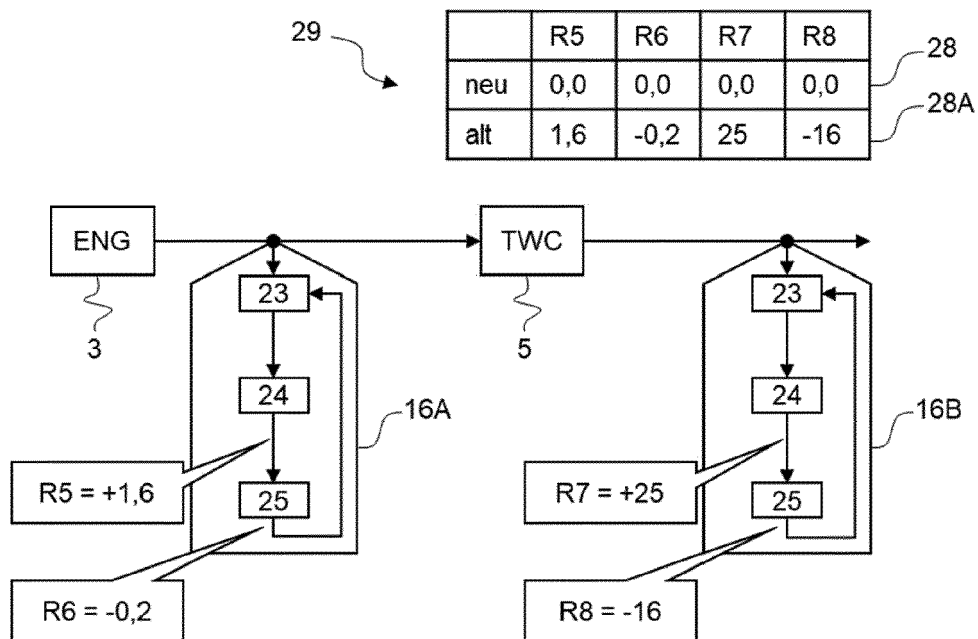


Fig. 5B

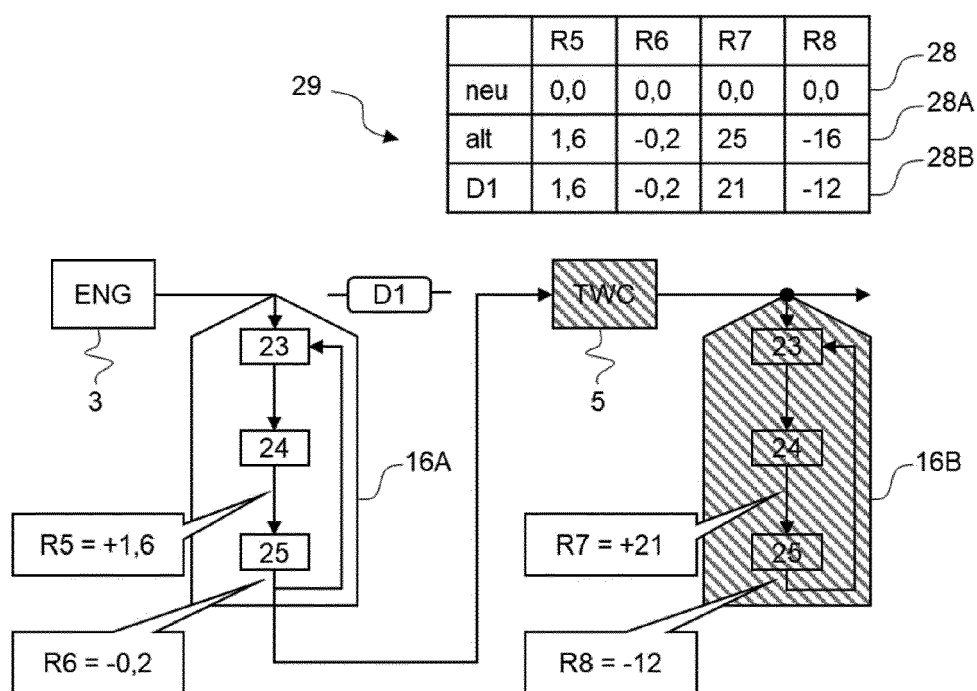


Fig. 5C

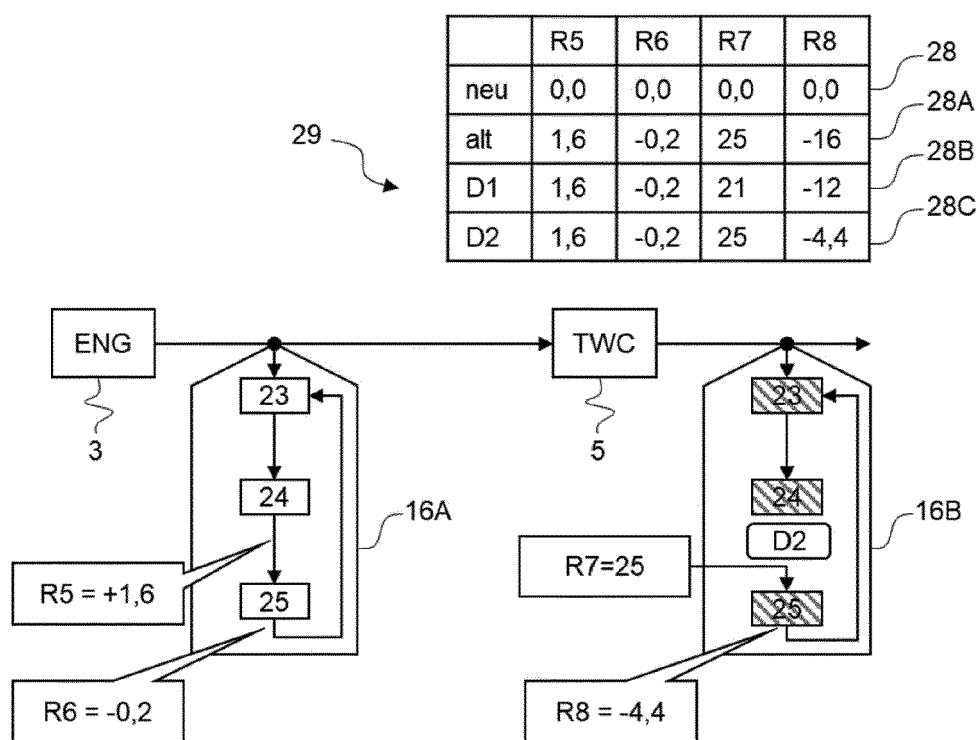


Fig. 5D



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 20 2736

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	AT 503 956 A4 (GE JENBACHER GMBH & CO OHG [AT]) 15. Februar 2008 (2008-02-15)	1, 9	INV. F02D41/14
Y	* Zusammenfassung; Abbildungen 2, 7, 9 *	2-4, 7, 8, 10	F02D41/22
A	* Seite 9 *	5, 6	
	* Seite 14 - Seite 15 *		

Y	RIZZONI G ET AL: "ON-BOARD DIAGNOSIS OF EMISSION CONTROL SYSTEM MALFUNCTIONS IN ELECTRONICALLY CONTROLLED SPARK IGNITION ENGINES", PROCEEDINGS OF THE AMERICAN CONTROL CONFERENCE. SAN FRANCISCO, JUNE 2 - 4, 1993; [PROCEEDINGS OF THE AMERICAN CONTROL CONFERENCE], NEW YORK, IEEE, US, Bd. 2 OF 03, 2. Juni 1993 (1993-06-02), Seiten 1790-1795, XP000411133,	2-4, 7, 8, 10	
A	* Zusammenfassung; Abbildung 1; Tabelle 1 *	5, 6	
	* Absatz [0003] *		

X	EP 1 715 165 A2 (IAV GMBH [DE]) 25. Oktober 2006 (2006-10-25)	1, 9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
	* Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 *		F02D
	* Absatz [0011] - Absatz [0014] *		

X	EP 1 715 352 B1 (IAV GMBH INGENIEURGESELLSCHAFT AUTO & VERKEHR [DE]) 24. April 2019 (2019-04-24)	1, 9	
	* Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 *		
	* Absatz [0012] - Absatz [0015] *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		7. März 2023	
		Prüfer	
		Van der Staay, Frank	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
A : technologischer Hintergrund		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
O : nichtschriftliche Offenbarung		L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 22 20 2736

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

07-03-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	AT 503956	A4	15-02-2008	AT 503956 A4		15-02-2008
				EP 1878900 A2		16-01-2008
15	EP 1715165	A2	25-10-2006	DE 102005019017 A1		26-10-2006
				EP 1715165 A2		25-10-2006
	EP 1715352	B1	24-04-2019	DE 102005018980 A1		02-11-2006
20				EP 1715352 A2		25-10-2006
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102020004775 A1 **[0003]**
- DE 102020100158 A1 **[0004]**
- DE 102020116488 B3 **[0005] [0014]**