

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. Januar 2011 (06.01.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/000853 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/14 (2006.01) *F02D 41/26* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/059251
- (22) Internationales Anmeldedatum:
30. Juni 2010 (30.06.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2009 027 378.6 1. Juli 2009 (01.07.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **VERDIER, Cyril** [FR/DE]; Schlierseestr. 62, 70378 Stuttgart (DE). **KLEIN, Stefan** [DE/DE]; Starenweg 4, 73779 Deizisau (DE). **LEMKE, Gerhard** [DE/DE]; Fliederweg 19, 73730 Ess-

lingen (DE). **GLASHOFF, Karsten** [DE/DE]; Buehlstr. 13, 73779 Deizisau (DE). **BRIDA, Peter** [DE/DE]; Langenbergstr. 12, 71665 Vaihingen/Enz (DE). **MEIER, Frank** [DE/DE]; Im Mohn 10, 70806 Kornwestheim (DE). **SEILER, Thomas** [DE/DE]; Bauernwaldstr. 148, 70195 Stuttgart (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DIAGNOSTIC DEVICE FOR DIAGNOSING A HEATABLE EXHAUST GAS PROBE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND DIAGNOSEVORRICHTUNG ZUR DIAGNOSE EINER BEHEIZBAREN ABGAS-SONDE EINER BRENNKRAFTMASCHINE

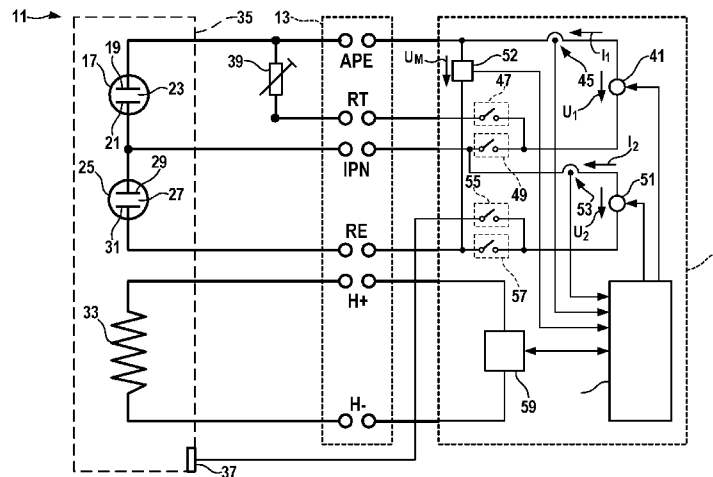


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method (71) for diagnosing a heatable exhaust gas probe (11) of an internal combustion engine, wherein a predetermined temporally varying or constant voltage (U_1 , U_2) or a predetermined temporally varying or constant current (I_1 , I_2) is generated by means of a voltage source (41, 51), the voltage (U_1 , U_2) or the current (I_1 , I_2) is applied to terminals (APE, RT, IPN, RE, ALE, I PE, 37) of the exhaust gas probe (11), a current (I_1 , I_2) that flows through the voltage source or a voltage (U_1 , U_2) that is applied to the voltage source when a voltage (U_1 , U_2) or a current (I_1 , I_2) is applied is detected, and the current (I_1 , I_2) or the voltage (U_1 , U_2) is evaluated for diagnosing the exhaust gas probe (11). In order to provide a method (71) for diagnosing the exhaust gas probe (71), which allows a reliable and accurate diagnosis of the exhaust gas probe (71) and permits information to be derived about the type of error potentially present in the exhaust gas probe (71), according to the invention the method (71) is carried out independently of an open and/or closed loop control unit of the internal combustion engine, wherein an operating temperature of the exhaust gas probe (71) is adjusted to a predetermined temperature value by way of a control element (59) that is separate from the open and/or closed loop control unit.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/000853 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren (71) zur Diagnose einer beheizbaren Abgassonde (11) einer Brennkraftmaschine, bei dem mittels einer Spannungsquelle (41, 51) eine vorgegebene zeitlich variierende oder konstante Spannung (U_1, U_2) oder ein vorgegebener zeitlich variierender oder konstanter Strom (I_1, I_2) erzeugt wird, die Spannung (U_1, U_2) bzw. der Strom (I_1, I_2) an Anschlüsse (APE, RT, I PN, RE, ALE, I PE, 37) der Abgassonde (11) angelegt wird, ein bei angelegter Spannung (U_1, U_2) bzw. angelegtem Strom (I_1, I_2) durch die Spannungsquelle fließender Strom (I_1, I_2) bzw. anliegende Spannung (U_1, U_2) erfasst wird und der Strom (I_1, I_2) bzw. die Spannung (U_1, U_2) zur Diagnose der Abgassonde (11) ausgewertet wird. Um ein Verfahren (71) zur Diagnose der Abgassonde (71) anzugeben, dass eine zuverlässige und treffsichere Diagnose der Abgassonde (71) erlaubt und eine Aussage über die Art eines eventuell vorhandenen Fehlers an der Abgassonde (71) ermöglicht, wird vorgeschlagen, dass das Verfahren (71) unabhängig von einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine ausgeführt wird, wobei eine Betriebstemperatur der Abgassonde (11) mittels einem von der Steuer- und/oder Regeleinrichtung getrennten Regelelement (59) auf einen vorgegebenen Temperaturwert geregelt wird.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren und Diagnosevorrichtung zur Diagnose einer beheizbaren
Abgassonde einer Brennkraftmaschine

10

Stand der Technik

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Diagnose einer beheizbaren Abgassonde einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Diagnosevorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 15.

20

Es ist allgemein bekannt, Brennkraftmaschinen, insbesondere Brennkraftmaschinen für Kraftfahrzeuge, mit einer oder mehreren Abgassonden auszustatten. Die Abgassonden sind üblicherweise mit einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine verbunden, so dass die Steuer- und/oder Regeleinrichtung Informationen über die Zusammensetzung von aus Brennräumen der Brennkraftmaschine austretenden Abgasen erfassen kann. Als Abgassonde ist in einer Brennkraftmaschine üblicherweise mindestens eine Lambdasonde vorgesehen, mit der eine Sauerstoffkonzentration im Abgas erfasst werden kann. Dies ermöglicht einen Rückschluss auf ein Luft-Kraftstoffverhältnis im Brennraum, so dass die Brennkraftmaschine beispielsweise so geregelt werden kann, dass Abgasbestimmungen eingehalten werden.

25

30

Die Lambdasonden lassen sich in sogenannte Sprungsonden und Breitbandsonden unterteilen. Die Breitbandsonden können wiederum als Einzellen-Breitbandsonden oder als Zweizellen-Breitbandsonden ausgebildet sein. Eine Sprungsonde weist für eine Luftzahl des Abgases, die im Bereich von $\lambda = 1$ liegt, ziemlich hohe Empfindlichkeit auf. Für Luftzahlen, die nicht im Bereich von etwa $\lambda = 1$ liegen, ist die Empfindlichkeit der Sprungsonden relativ gering. Deshalb ergibt sich bei einer kontinuierlich steigenden Luftzahl im Abgas ein

35

Sprung eines von einer Sprungsonde erzeugten Ausgangssignals, sobald die Luftzahl in den Bereich von etwa $\lambda = 1$ eintritt. Dahingegen haben Breitband-Lambdasonden auch außerhalb des um den Wert $\lambda = 1$ liegenden Bereichs der Luftzahl eine relativ hohe Empfindlichkeit.

5

Moderne Brennkraftmaschinen weisen üblicherweise eine oder zwei Lambdasonden auf, wobei für Otto-Brennkraftmaschinen Sprung- und/oder Breitbandsonden verwendet werden. Diesel-Brennkraftmaschinen weisen vorwiegend Breitband-Lambdasonden auf.

10

Beim Betrieb der Brennkraftmaschinen erfasst die Steuer- und/oder Regeleinheit von der Lambdasonde beziehungsweise den Lambdasonden und weiteren Sensoren der Brennkraftmaschine erzeugte Sensorsignale und betreibt die Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von diesen Sensorsignalen. Um Fehler bei den Sensoren erkennen zu können, überprüft die Steuer- und/oder Regeleinrichtung während des Betriebs der Brennkraftmaschine die einzelnen Sensorsignale. Hierbei werden üblicherweise die Signale dahingehend überprüft, ob elektrische Fehler (z. B. Kurzschlüsse oder Unterbrechungen von Leitungen) vorliegen. Hierzu kann beispielsweise überprüft werden, ob die Sensorsignale in zulässigen Wertebereichen liegen. Darüber hinaus prüft die Steuer- und/oder Regeleinrichtung üblicherweise, ob Systemfehler vorliegen. Ein Systemfehler wird beispielsweise erkannt, wenn die mittels unterschiedlicher Sensoren erfassten Größen sich widersprechen. Erkennt die Steuer- und/oder Regeleinrichtung einen elektrischen Fehler und/oder einen Systemfehler, dann vermerkt sie das Auftreten des Fehlers in einem Fehlerspeicher.

15

20

25

Bekannte Diagnoseverfahren, die beispielsweise zur Vorbereitung von Reparaturen oder bei Wartungsarbeiten an der Brennkraftmaschine beziehungsweise an einem Kraftfahrzeug, in das die Brennkraftmaschine eingebaut ist, durchgeführt werden, greifen auf die beispielsweise im Fehlerspeicher abgelegten Informationen zurück. Hierdurch können in einem gewissen Umfang Rückschlüsse über die Funktionsfähigkeit einer Lambdasonde gezogen werden. Da beim Betrieb der Brennkraftmaschine komplexe Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Komponenten der Brennkraftmaschine bestehen, ist eine hinreichend sichere und zuverlässige Diagnose einer einzelnen Lambdasonde jedoch nicht möglich. Wird

30

35

beispielsweise ein elektrischer Fehler erkannt, dann kann in der Regel nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ob der Fehler auf einem Defekt der Lambdasonde beruht oder ob die Steuer- und/oder Regeleinrichtung, insbesondere eine Auswerteschaltung für die Sensorsignale der Lambdasonde, defekt ist.

5 Außerdem können Systemfehler in vielen Fällen nicht eindeutig einem bestimmten Sensor, wie beispielsweise einer bestimmten Lambdasonde, zugeordnet werden. Es besteht die Gefahr, dass die Lambdasonde fälschlicherweise als defekt erkannt wird, obwohl in Wirklichkeit eine andere Komponente der Brennkraftmaschine, insbesondere ein anderer Sensor der
10 Brennkraftmaschine, nicht korrekt funktioniert. Tritt ein Defekt in der Brennkraftmaschine auf, kann es bei Verwendung bekannter Diagnoseverfahren deshalb zu einer langwierigen Fehlersuche kommen, bis letztendlich die tatsächlich defekte Komponente identifiziert wird. Zuverlässige Rückschlüsse auf die Art des Fehlers der Lambdasonde sind bei bekannten Diagnoseverfahren
15 praktisch unmöglich.

Einzellen- und Zweizellen-Breitbandlambdasonden sind beispielsweise aus der DE 10 2006 014 266 A1 bekannt. Ferner ist aus der DE 197 16 173 A1 bekannt, einen Leckstrom zwischen einer Elektrode der Lambdasonde und einem
20 Heizelement der Lambdasonde zu erfassen.

Offenbarung der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur
25 Diagnose einer Abgassonde einer Brennkraftmaschine anzugeben, das eine zuverlässige und treffsichere Diagnose der Abgassonde erlaubt und eine Aussage über die Art eines eventuell vorhandenen Fehlers an der Abgassonde ermöglicht. Mit Blick auf ihre Vorrichtungsaspekte besteht die Aufgabe in der Angabe einer zur Durchführung des Verfahrens eingerichteten
30 Diagnosevorrichtung.

Diese Aufgaben werden jeweils durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bei der Abgassonde handelt es sich vorzugsweise um eine Lambdasonde, insbesondere eine Sprungsonde, eine Einzellen-Breitbandsonde
35 oder eine Zweizellen-Breitbandsonde. Bei der Diagnose der Abgassonde mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens können verschiedene Parameter der

Abgassonde weitgehend unabhängig von anderen Komponenten der Brennkraftmaschine überprüft werden. Insbesondere sind Wechselwirkungen mit anderen Sensoren der Brennkraftmaschine ausgeschlossen. Ein Zugriff auf einen Fehlerspeicher der Steuer- und/oder Regeleinrichtung ist nicht erforderlich.

5 Durch die Regelung der Temperatur der Abgassonde, insbesondere der Temperatur eines Sensorelements der Abgassonde, wird die Abgassonde auf einen definierten Betriebspunkt gebracht, sodass die Diagnose Ergebnisse mit hoher Validität und Reproduzierbarkeit liefert.

10 Das Verfahren wird vorzugsweise bei stillstehender und nicht im Betrieb befindlicher Brennkraftmaschine ausgeführt. Hierbei kann die Abgassonde in der Brennkraftmaschine eingebaut verbleiben. Die Diagnose nach dem erfindungsgemäßen Verfahren kann jedoch auch an einer aus der Brennkraftmaschine ausgebauten Abgassonde durchgeführt werden.

15 Insgesamt wird durch das erfindungsgemäße Verfahren eine schnelle und zuverlässige Überprüfung der Abgassonde auf Fehler ermöglicht. Zudem kann eine relativ detaillierte Befundung der Abgassonde vorgenommen werden, die nicht nur im Rahmen von Reparatur- oder Wartungsarbeiten, sondern auch am

20 Ende eines Herstellungsprozesses der Abgassonde, der Brennkraftmaschine oder eines Kraftfahrzeugs, in dem die Brennkraftmaschine eingebaut ist, durchgeführt werden kann. Es ist auch denkbar, dass das Verfahren durchgeführt wird, wenn sich herausgestellt hat, dass ein gerade hergestelltes Kraftfahrzeug nicht korrekt funktioniert, so dass mittels des erfindungsgemäßen

25 Verfahrens die Art des Fehlers genauer analysiert werden kann. Eine solche genauere Analyse wird auch als „Null-Kilometer-Befundung“ bezeichnet. Ferner können Lambdasonden von Kraftfahrzeugen, die vom Kunden unter Inanspruchnahme einer Herstellergarantie beanstandet wurden, mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens überprüft werden.

30 Es ist bevorzugt, dass die Spannung an die mit Elektroden einer Zelle, insbesondere einer Pumpzelle (im Falle einer Zweizellensonde) oder einer kombinierten Pump- und Messzelle (im Falle einer Einzellensonde), der Abgassonde verbundenen Anschlüsse angelegt wird sodass als Strom ein bei

35 intakter Abgassonde durch die Zelle fließender Pumpstrom erfasst wird. Durch

Auswerten des erfassten Pumpstroms kann dann überprüft werden, ob die Abgassonde funktionsfähig ist oder ob die Abgassonde einen Fehler aufweist.

Hierbei ist besonders bevorzugt, dass die Spannung schrittweise in wechselnder Richtung derart variiert wird, dass die Spannung nacheinander verschiedene Spannungswerte aufweist, und dass für mindestens zwei dieser Spannungswerte zugehörige Stromwerte des Stroms erfasst werden. Es ist bevorzugt, dass die beiden Spannungswerte, für die die zugehörigen Stromwerte erfasst werden, gleich sind.

Hierbei ist bevorzugt, dass durch Auswerten der Stromwerte, vorzugsweise durch Vergleichen der Stromwerte miteinander, eine Hysterese bezüglich der Abhängigkeit zwischen der angelegten Spannung und dem erfassten Strom überprüft wird. Werden genau zwei Stromwerte für zwei gleiche Spannungswerte, die zu verschiedenen Zeitpunkten angelegt werden, erfasst, dann kann als Maß für die Hysterese eine Differenz zwischen den beiden Stromwerten herangezogen werden. Ist die Differenz betragsmäßig größer als ein vorgegebener Schwellwert, dann kann auf einen Defekt, insbesondere eine Schwarzfärbung, d.h. Keramikreduzierung infolge von Überbelastungen/zu hohen Spannungen, an einer der Elektroden der Zelle geschlossen werden.

Weiter ist bevorzugt, dass die Spannung an die mit einem Trimmwiderstand der Abgassonde verbundenen Anschlüsse angelegt wird. Hierdurch kann zum einen überprüft werden, ob der Trimmwiderstand innerhalb der Abgassonde beziehungsweise über ein Anschlusskabel der Abgassonde korrekt mit den Anschlüssen der Abgassonde, an die die Spannung angelegt wird, verbunden ist. Liegt der Strom außerhalb eines zulässigen Bereichs, dann wird auf eine schlechte Kontaktierung des Trimmwiderstands oder eine Unterbrechung der Verbindung zwischen einem der Anschlüsse und dem Trimmwiderstand oder auf einen Nebenschluss parallel zum Trimmwiderstand geschlossen. Generell ist unter einem Nebenschluss ein unerwünschter elektrisch leitfähiger Pfad zu verstehen, der parallel zu einem erwünschten elektrisch leitfähigen Hauptpfad verläuft. Ist der Strom innerhalb des zulässigen Bereichs, dann kann anhand des Stroms der Wert des Trimmwiderstands ermittelt werden.

Hierbei kann, vorzugsweise in Abhängigkeit von einem Wert des Trimmwiderstands, ein Sollwert für den Pumpstrom z. B. an Luft ermittelt werden, als Spannung eine positive Pumpspannung angelegt werden und die Abgassonde in Abhängigkeit von dem Sollwert und dem Pumpstrom überprüft werden. Hierbei wird vorzugsweise ein Quotient zwischen dem Pumpstrom und dem Sollwert ermittelt. Ist der Quotient betragsmäßig größer als ein vorgegebener Schwellwert, dann wird beispielsweise ein Riss in einer Diffusionsbarriere oder in der Sondenkeramik der Zelle oder ein elektrischer Nebenschluss zwischen den Elektroden der Zelle erkannt. Ist der Quotient betragsmäßig kleiner als ein weiterer Schwellwert, dann werden vorzugsweise Verunreinigungen der Diffusionsbarriere („Versottung“) erkannt.

Als weitere Überprüfung kann vorgesehen werden, dass als Spannung eine negative Pumpspannung angelegt wird, als Strom ein invertierter Pumpstrom erfasst wird und überprüft wird, ob der Strom in einem vorgegebenen zulässigen Bereich liegt. Ein zu kleiner Strom deutet auf eine Verunreinigung einer Schutzschicht der Abgassonde oder eine nicht hinreichende Beheizung der Abgassonde hin. Ist der Strom zu groß, dann liegt möglicherweise ein elektrischer Nebenschluss zwischen den Elektroden oder eine Beschädigung bzw. ein Fehlen der Schutzschicht der Sonde vor.

Um einen Nebenschluss durch eine Verschmutzung, explizit Verrußung in einem Bereich zwischen einem Sonderelement und einem Gehäuse der Abgassonde zu erkennen, kann die Spannung zwischen einer Elektrode der Zelle, vorzugsweise einer Innenelektrode einer Pumpzelle, und einem elektrisch leitfähigen Gehäuseteil der Abgassonde angelegt werden, als Strom ein Gehäusestrom erfasst werden und überprüft werden, ob der Gehäusestrom kleiner oder gleich einem vorgegebenen Höchstwert ist. Überschreitet der Strom den Höchstwert, dann stellt das Verfahren fest, dass sich Ruß oder andere, insbesondere metallische Ablagerungen zwischen dem Sonderelement und dem Gehäuse, insbesondere einem Schutzrohr des Gehäuses, abgelagert haben.

Die oben beschriebenen Überprüfungen der Abgassonde umfassen oftmals einen Vergleich des erfassten Stroms beziehungsweise einer in Abhängigkeit von dem erfassten Strom gebildeten Größe mit vorgegebenen Schwellwerten oder vorgegebenen zulässigen Bereichen. Da unterschiedliche Typen von

Abgassonden verwendet werden, müssen die Schwellwerte beziehungsweise die zulässigen Bereiche in Abhängigkeit von dem Typ der Abgassonde vorgegeben werden. Ferner muss oftmals die Regelung der Betriebstemperatur an den Typ der Abgassonde angepasst werden. Hierzu kann der Typ der Abgassonde in Abhängigkeit von manuellen Eingaben eines Benutzers ermittelt werden. Bevorzugt ist jedoch, dass mindestens eine Messgröße, die einen Zellenwiderstand der mindestens einen Zelle der Abgassonde, vorzugsweise den Zellenwiderstand einer Messzelle der Abgassonde, charakterisiert, erfasst oder ermittelt wird und in Abhängigkeit von der Messgröße ein Typ der Abgassonde ermittelt wird. Es wurde erkannt, dass sich die einzelnen Typen der Abgassonde insbesondere in ihrem Zellenwiderstand unterscheiden, so dass eine Zuordnung des Typs zum Zellenwiderstand möglich ist. Durch das automatische Ermitteln des Typs der Abgassonde werden Bedienfehler durch den Benutzer weitgehend vermieden.

Zum Ermitteln des Zellenwiderstands kann vorgesehen werden, dass als Spannung mindestens eine Messspannung an die Zelle angelegt wird und als Messgrößen für jede Messspannung der Strom durch die Zelle erfasst wird. Hierdurch kann der Typ der Abgassonde zuverlässiger ermittelt werden, da der Widerstand nicht nur für eine Spannung, sondern für mehrere Spannungen ermittelt wird.

Besonders bevorzugt ist hierbei, dass zeitlich nacheinander mindestens zwei Messspannungen unterschiedlicher Polarität an die Zelle angelegt werden. Beispielsweise kann hierdurch im ersten Fall eine Aussage über den ohmschen Widerstand der Zellenkeramik und im zweiten Fall eine Aussage über den Diffusionswiderstand des Sauerstoffantransports an die Elektrode abgeleitet werden. Hierdurch können alterungsbedingte Veränderungen der Abgassonde desselben Typs von Unterschieden zwischen Abgassonden verschiedenen Typs unterschieden werden. Auf diese Weise werden Fehler bei der automatischen Erkennung des Typs der Abgassonde aufgrund der Alterung oder der Abnutzung der Abgassonde zumindest weitgehend vermieden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die oder jede Messgröße mit einem Schwellwert verglichen und in Abhängigkeit von diesem Vergleich der Typ der Abgassonde ermittelt. Das heißt, für jede Messgröße wird

ein Ergebnis des Vergleichs ermittelt und die Vergleichsergebnisse logisch miteinander verknüpft, um den Typ der Abgassonde zu ermitteln.

5 Einen weiteren Einflussfaktor auf den Zellenwiderstand bildet der Sauerstoffgehalt des Gases, dem die Abgassonde ausgesetzt ist. Ein Abgasrohr einer gängigen Brennkraftmaschine, in das die Abgassonde eingebaut ist, ist üblicherweise derart gut gegenüber der Umgebungsluft abgedichtet, dass nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine sauerstoffarmes Abgas in dem Abgasrohr verbleibt und ein Gasaustausch mit der Umgebung relativ langsam
10 stattfindet. Folglich kann es vorkommen, dass beim Ausführen des Verfahrens die Abgassonde einem sauerstoffarmen Gas (Luftzahl $\lambda < 0$) ausgesetzt ist. Um einen störenden Einfluss bei der Erkennung des Typs der Abgassonde möglichst weitgehend zu eliminieren, ist bevorzugt, dass vor dem Anlegen der mindestens einen Messspannung an die Zelle eine durch das Abgas an der Zelle erzeugte
15 Zellenspannung erfasst wird und zumindest eine Messspannung in Abhängigkeit von der Zellenspannung vorgegeben wird. Hierbei kann vorgesehen werden, dass die mindestens eine Messspannung um die erfasste Zellenspannung erhöht wird.

20 Als weitere Lösung der oben genannten Aufgabe wird eine Diagnosevorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 14 vorgeschlagen. Mit Hilfe einer solchen Diagnosevorrichtung kann die Abgassonde besonders einfach überprüft werden. Hierzu wird bei stillstehendem Motor eine elektrische Verbindung zwischen der Abgassonde und der Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine
25 gelöst und die Anschlüsse der Abgassonde mit der Diagnosevorrichtung verbunden. Hierdurch wird eine isolierte Diagnose der Abgassonde ermöglicht. Ein Fehler an der Abgassonde kann hierdurch entweder eindeutig festgestellt oder sicher ausgeschlossen werden.

30 Die Diagnosevorrichtung kann zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet sein und somit sämtliche Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens verwirklichen. Insbesondere kann die Diagnosevorrichtung einen programmierbaren Rechner aufweisen, der zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens programmiert ist.
35

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in welcher exemplarische Ausführungsformen der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei zeigen:

- 5 Figur 1 eine an eine Zweikammer-Breitband-Lambdasonde
angeschlossene Diagnosevorrichtung in schematischer
Darstellung;
- 10 Figur 2 eine Darstellung ähnlich Figur 1, wobei es sich bei der
Lambdasonde jedoch um eine Einkammer-Breitband-
Lambdasonde handelt;
- 15 Figuren 3 bis 7 jeweils einen Teil eines Flussdiagramms als Ausführungsbeispiel
eines Verfahrens zur Diagnose der in den Figuren 1 und 2
dargestellten Lambdasonde; und
- Figur 8 eine detaillierte Darstellung eines Schritts des Verfahrens aus
den Figuren 3 bis 7.

20 Die schematische Darstellung der Figur 1 zeigt eine Zweizellen-Breitband-
Lambdasonde 11, die über eine elektrische Verbindung in Form eines
Steckverbinders 13 an eine Diagnosevorrichtung 15 angeschlossen ist. Die
Lambdasonde 11 gehört zu einem Abgassystem einer Brennkraftmaschine (nicht
gezeigt). Sie kann beispielsweise in Strömungsrichtung vor oder hinter einem
25 Abgaskatalysator in einem Abgasrohr des Abgassystems angeordnet sein. Die
Lambdasonde 11 kann jedoch auch zum Zwecke einer Diagnose zeitweise aus
der Brennkraftmaschine ausgebaut sein. Es ist auch denkbar, dass die
Lambdasonde 11 zur erstmaligen Montage in der Brennkraftmaschine
vorgesehen ist und für einen erstmaligen Funktionstest an die
30 Diagnosevorrichtung 15 angeschlossen ist. Der erstmalige Funktionstest kann
auch bei bereits eingebauter Lambdasonde 11 durchgeführt werden.

35 Die Lambdasonde 11 weist eine Pumpzelle 17 auf. Die Pumpzelle 17 umfasst
eine Außenpumpelektrode 19, die mit einem „APE“ bezeichneten Anschluss des
Steckverbinders 13 verbunden ist. Eine Innenpumpelektrode 21 der Pumpzelle
17 ist mit einem Anschluss IPN des Steckverbinders 13 verbunden. Zwischen der

Außenpumpelektrode 19 und der Innenpumpelektrode 21 befindet sich ein erster aus Zirkondioxid gebildeter Festkörperelektrolyt 23. Bei in das Abgassystem eingebauter Lambdasonde 11 ist eine durch die Außenpumpelektrode 19 begrenzte Seite der Pumpzelle 17 einem Innenraum des Abgasrohrs der Brennkraftmaschine zugewandt, wohingegen eine von der Innenpumpelektrode begrenzte Seite der Pumpzelle 17 einem im Inneren der Lambdasonde 11 vorhandenen Diffusionsspalt (nicht gezeigt) zugewandt ist. Die Pumpzelle 17 befindet sich somit zwischen einer dem Innenraum des Abgasrohrs zugewandten Seite der Lambdasonde 11 und dem Diffusionsspalt der Lambdasonde 11.

Zwischen dem Diffusionsspalt und einem üblicherweise mit Umgebungsluft verbundenen Referenzluftkanal (nicht gezeigt) der Lambdasonde 11 ist eine üblicherweise als Nernst-Zelle 25 bezeichnete Messzelle angeordnet. Die Nernst-Zelle 25 weist einen zweiten Festkörperelektrolyt 27 auf, an dessen Diffusionsspalt zugewandter Seite eine Nernst-Elektrode 29 angeordnet ist, die elektrisch mit dem Anschluss IPN des Steckverbinders 13 verbunden ist. An einer dem Referenzluftkanal zugewandten Seite des zweiten Festkörperelektrolyts 27 ist eine Referenzelektrode 31 der Nernst-Zelle 25 angeordnet. Die Referenzelektrode 31 ist elektrisch mit einem Anschluss RE des Steckverbinders 13 verbunden. Außerdem weist die Lambdasonde 11 ein Heizelement 33 auf, das mit zwei Anschlüssen H+ und H- des Steckverbinders 13 verbunden ist. Das Heizelement 33 und die beiden Zellen 17 und 25 sind in ein Sensorelement der Lambdasonde 11 integriert, sodass das Heizelement 33 mit den Zellen 17, 25, insbesondere mit deren Festkörperelektrolyten 23, 27 thermisch gekoppelt ist.

Die Lambdasonde 11 ist gemäß einer geeigneten Herstellungstechnologie aufgebaut. Beispielsweise kann die Lambdasonde 11 als eine sogenannte Finger-Sonde ausgebildet sein oder in einer Planar-Technologie hergestellt sein. Unabhängig von der verwendeten Herstellungstechnologie weist die Lambdasonde 11 ein Gehäuse 35 auf, das einen elektrisch leitfähigen Gehäuseteil 37 aufweist, der beispielsweise aus Metall bestehen kann. Der elektrisch leitfähige Gehäuseteil 37 ist mit der Diagnosevorrichtung 15 verbunden.

Des Weiteren ist in der Lambdasonde 11 ein Trimmwiderstand 39 angeordnet, wobei ein erster Anschluss des Trimmwiderstands 39 mit dem Anschluss APE des Steckverbinders 13 und ein zweiter Anschluss des Trimmwiderstands 39 mit dem Anschluss RT des Steckverbinders 13 verbunden ist. Der Trimmwiderstand 39 kann beispielsweise einen Wert von etwa 30 Ohm bis 300 Ohm aufweisen. Der Wert des Trimmwiderstands 39 wird üblicherweise unmittelbar nach der Herstellung der Lambdasonde festgelegt. Hierzu wird der Trimmwiderstand 39 parallel zu einem Messwiderstand in der Regelelektronik geschaltet. Dann wird der Trimmwiderstand so eingestellt, dass sich ein vorgegebener Strom (z. B. 2,54 mA) durch den Messwiderstand ergibt, wenn die Lambdasonde 11 einem Gas mit der Luftzahl $\lambda = 1$ ausgesetzt ist. Beim Betrieb der Lambdasonde 11 können somit mit Hilfe des Trimmwiderstands 39 Fertigungstoleranzen der Lambdasonde 11 zumindest weitgehend ausgeglichen werden.

Die Diagnosevorrichtung 15 weist eine erste Spannungsquelle 41, die von einer Steuereinrichtung 43 der Diagnosevorrichtung 15 steuerbar ist, auf. Die erste Spannungsquelle 41 ist mit einem ersten Stromsensor 45 in Serie geschaltet. Der erste Stromsensor 45 ist mit der Steuereinrichtung 43 verbunden, so dass die Steuereinrichtung 43 einen durch die erste Spannungsquelle 41 fließenden Strom I_1 erfassen kann. Ein von der Spannungsquelle 41 abgewandter Anschluss des ersten Stromsensors 45 ist mit dem Anschluss APE des Steckverbinders 13 verbunden. Eine von dem ersten Stromsensor 45 abgewandte Seite der ersten Spannungsquelle 41 ist mit einem Anschluss eines ersten Schaltelements 47 und eines zweiten Schaltelements 49 verbunden. Ein weiterer Anschluss des ersten Schaltelements 47 ist mit dem Anschluss RT des Steckverbinders 13 verbunden. Ein weiterer Anschluss des zweiten Schaltelements 49 ist an den Anschluss IPN des Steckverbinders 13 angeschlossen.

Zwischen den Anschlüssen APE und RE ist ein Spannungssensor 52 angeordnet, der so mit der Steuereinrichtung 43 verbunden ist, dass diese eine zwischen den Anschlüssen APE und RE anliegende Spannung U_M erfassen kann.

Ferner weist die Diagnosevorrichtung 15 eine zweite Spannungsquelle 51 auf, die mit einem zweiten Stromsensor 53 in Serie geschaltet ist. Die zweite Spannungsquelle 51 ist steuerbar und derart an die Steuereinrichtung 43

angeschlossen, dass diese eine von der zweiten Spannungsquelle 51 bei ihrem Betrieb erzeugte Spannung U_2 einstellen kann. Der zweite Stromsensor 53 ist derart an die Steuereinrichtung 43 gekoppelt, dass die Steuereinrichtung 43 einen durch die zweite Spannungsquelle 51 fließenden Strom I_2 erfassen kann.

5 Ein von der zweiten Spannungsquelle 51 abgewandter Anschluss des zweiten Stromsensors 53 ist mit dem Anschluss IPN des Steckverbinders 13 verbunden. Ein von dem zweiten Stromsensor 53 abgewandter Anschluss der zweiten Spannungsquelle 51 ist an ein drittes Schaltelement 55 und ein viertes Schaltelement 57 angeschlossen. Ein Anschluss des dritten Schaltelements 55, der nicht unmittelbar mit der zweiten Spannungsquelle 51 verbunden ist, ist mit dem Gehäuseteil 37 der Lambdasonde 11 verbunden, und ein Anschluss des vierten Schaltelements 57, der nicht unmittelbar an die zweite Spannungsquelle 51 angeschlossen ist, ist mit dem Anschluss RE des Steckverbinders 13 verbunden. Jedes Schaltelement 47, 49, 55, 57 ist mit der Steuereinrichtung 43

10 gekoppelt, so dass die Steuereinrichtung 43 die einzelnen Schaltelemente 47, 49, 55, 57 einzeln ansteuern kann (entsprechende Verbindungen sind der Übersichtlichkeit halber in Figur 1 nicht eingezeichnet). Insgesamt bilden die Schaltelemente 47, 49, 55, 57 eine Schaltanordnung zum Verbinden der Spannungsquellen 41, 51 sowie der zugehörigen Stromsensoren 45, 53 mit den einzelnen Anschlüssen APE, RT, IPN, RE des Steckverbinders 13 und mit dem Gehäuse. In anderen Ausführungsformen der Diagnosevorrichtung 15 ist die Schaltanordnung auf eine andere Weise aufgebaut. Die Schaltelemente können an anderen Anschlüssen des Steckverbinders 13, beispielsweise auch zwischen einer Signal- und einer Heizerelektrode zur Überprüfung des internen

15 Leckstroms, angeordnet werden. Es kann auch eine abweichende Anzahl an Schaltelementen vorgesehen werden. Darüber hinaus ist es denkbar, anstelle zwei Spannungsquellen 41, 51 nur eine oder mehr als zwei Spannungsquellen vorzusehen und die Anzahl der Schaltelemente entsprechend zu erhöhen beziehungsweise zu verringern. Die Schaltelemente 47, 49, 55, 57 können in beliebiger Weise (z. B. Halbleiterschalter oder Schaltrelais) realisiert sein.

20

25

30

Des Weiteren weist die Diagnosevorrichtung 15 ein Regelelement 59 zum Regeln einer Temperatur der Lambdasonde 11 anhand eines Innenwiderstands der Nernst-Zelle 25 auf. Das Regelelement 59 ist mit den beiden Anschlüssen H+ und H- des Steckverbinders 13 verbunden, die an das Heizelement 33 der Lambdasonde 11 angeschlossen sind. Das Regelelement 59 ist an die

35

Steuereinrichtung 43 angeschlossen, so dass die Steuereinrichtung 43 das Regelement 59 beispielsweise zum Vorgeben eines Sollwerts steuern kann.

5 In der Darstellung von Figur 2 ist die Abgassonde als eine Einzellen-Breitband-Lambdasonde 61 ausgebildet. Anstelle der Pumpzelle 17 und der Nernst-Zelle 25 weist die Einzellen-Breitband-Lambdasonde 61 eine kombinierte Pump- und Nernst-Zelle 63 auf. Deshalb ist in dieser Sonde 61 lediglich der erste Festkörperelektrolyt 23 vorhanden. An einer bei eingebauter Sonde 61 dem Innenraum des Abgasrohrs zugewandten Seite des ersten Festkörperelektrolyts 23 ist eine Außenelektrode 65 angeordnet. An einer von dem Innenraum abgewandten Seite des ersten Festkörperelektrolyts 23 ist eine Innenelektrode 67 angeordnet. Die Außenelektrode 65 ist elektrisch mit einem Anschluss ALE des Steckverbinders 13 verbunden, und die Innenelektrode 67 ist elektrisch mit einem Anschluss IPE des Steckverbinders 13 verbunden.

15 Davon abgesehen, dass bei der Einzellen-Breitband-Lambdasonde 61 lediglich eine Zelle 63 vorhanden ist, weist sie denselben prinzipiellen Aufbau wie die in der Figur 1 gezeigte Zweizellen-Breitband-Lambdasonde 11 auf. Die entsprechenden Teile der Einzellen-Breitband-Lambdasonde 61 sind deshalb mit denselben Bezugszeichen versehen und werden nicht nochmals im Detail erläutert. An die Einzellen-Breitband-Lambdasonde 61 kann die in Figur 2 gezeigte vereinfachte Diagnosevorrichtung 15 angeschlossen werden. Bei der in der Figur 2 gezeigten Diagnosevorrichtung 15 sind das in der Figur 1 gezeigte dritte Schaltelement 55 und vierte Schaltelement 57 nicht vorhanden. Es ist auch möglich, die in der Figur 1 gezeigte Diagnosevorrichtung 15 in Verbindung mit der Einzellen-Breitband-Lambdasonde 61 zu verwenden. Der Anschluss RT der Diagnosevorrichtung 15 kann in diesem Fall frei bleiben, und die kombinierte Pump- und Nernst-Zelle 63 wird mit ihrem Anschluss ALE an den Anschluss APE der Diagnosevorrichtung 15 und mit ihrem Anschluss IPE an die Anschlüsse IPN und RE der Diagnosevorrichtung 15 angeschlossen.

30 In einer nicht gezeigten Ausführungsform weist auch die Einzellen-Breitband-Lambdasonde 61 den Trimmwiderstand 39 auf. Dieser kann beispielsweise zwischen dem Anschluss ALE und dem bei der in Figur 2 gezeigten Lambdasonde 61 nicht vorhandenen Anschluss RT angeordnet sein.

Im Folgenden wird anhand des in den Figur 3 bis 7 dargestellten Flussdiagramms ein Verfahren 71 zur Diagnose einer Abgassonde, insbesondere der Zweizellen-Lambdasonde 11 oder der Einzellen-Lambdasonde 61, näher erläutert. Dieses Verfahren 71 kann mittels der in den Figuren 1 und 2
5 gezeigten Diagnosevorrichtung gesteuert von deren Steuereinrichtung 43, durchgeführt werden. Abweichend hiervon kann das Verfahren 71 auch auf andere Weise, insbesondere mit anders aufgebauten Diagnosevorrichtungen und/oder anderen, z.B. dynamischen, etwa sinusförmigen, Spannungs-Zeit-Programmen bzw. Strom-Zeit-Programmen, durchgeführt werden.

10 Bei Verwendung der Diagnosevorrichtung 15 muss die Lambdasonde 11 elektrisch von der Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine getrennt werden und mit der Diagnosevorrichtung 15 verbunden werden. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass vor dem Ausführen des
15 Verfahrens 71 der Steckverbinder 13 zwischen der Lambdasonde 11 und dem Steuergerät manuell gelöst und eine Steckverbindung zwischen der Lambdasonde 11 und der Diagnosevorrichtung 15 manuell hergestellt wird. Das Verfahren 71 wird beispielsweise bei stillstehender oder sich in einem stabilen Arbeitspunkt befindender Brennkraftmaschine ausgeführt. Die Lambdasonde 11
20 kann hierbei in der Brennkraftmaschine eingebaut verbleiben. Es ist jedoch auch möglich, die Lambdasonde 11 vor Ausführen des Verfahrens 71 aus der Brennkraftmaschine auszubauen. Da weder die Diagnosevorrichtung 15 noch die Lambdasonde 11 mit dem Steuergerät der Brennkraftmaschine bei der
25 Ausführung des Verfahrens 71 verbunden ist, kann mittels des Verfahrens 71 eine isolierte Diagnose der Lambdasonde 11 durchgeführt werden. Wechselwirkungen mit der Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine oder anderen Teilen, insbesondere Sensoren und Aktoren der Brennkraftmaschine, können hierdurch zumindest weitgehend
30 ausgeschlossen werden. Denn das Verfahren wird völlig unabhängig von der Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine ausgeführt.

Nach einem Start 73 des Verfahrens 71 wird in einem Sondenerkennungsschritt 75 ein Typ der Lambdasonde 11 ermittelt. Einzelne, in Brennkraftmaschinen für Kraftfahrzeuge verwendete Lambdasonden, weisen auch bei identischem
35 prinzipiellen Aufbau (Einzellensonde oder Zweizellensonde) erheblich unterschiedliche Geometrien, insbesondere der einzelnen Zellen 17, 25, 63 auf.

Hieraus resultieren erhebliche Unterschiede hinsichtlich der elektrischen Eigenschaften der Lambdasonden 11 der verschiedenen Typen. Die Sondenerkennung 75 ermittelt den Typ der Sonde durch elektrische Messungen, so dass die nachfolgenden Schritte des Verfahrens 71 in Abhängigkeit von dem ermittelten Typ der Lambdasonde 11 ausgeführt werden können.

In einem Schritt 76 stellt die Steuereinrichtung 43 das Regelelement 59 so ein, dass es eine Temperatur des Sensorelements der Lambdasonde auf einen vorgegebenen Sollwert regelt. Als Regelgröße dient hierbei ein von der Temperatur des Sensorelements abhängiger Innenwiderstand der Nernst-Zelle 25 bzw. der kombinierten Pump- und Nernst-Zelle 63. Als Stellgröße dient eine Heizleistung des Heizelements 33, die das Regelelement 59 beispielsweise durch Verändern der Heizspannung U_H beeinflussen kann. Die Steuereinrichtung 43 ermittelt aus dem vorgegebenen Sollwert der Temperatur und einem vom im Schritt 75 identifizierten Typ der Lambdasonde einen Sollwert für den Innenwiderstand, den sie dann dem Regelelement 59 vorgibt. In Abhängigkeit von der genauen Ausgestaltung der Diagnosevorrichtung 15 kann der Sollwert der Temperatur des Sensorelements entweder als eine Konstante vorgegeben werden, oder der Sollwert der Temperatur kann in Abhängigkeit von dem Typ der Lambdasonde vorgegeben werden. Es kann auch vorgesehen werden, dass die Steuereinrichtung 43 den Sollwert des Innenwiderstands unmittelbar in Abhängigkeit vom Typ der Lambdasonde 11, beispielsweise anhand einer in der Steuereinrichtung 43 abgelegten Tabelle, ermittelt.

Anschließend wird in einem Schritt 77 überprüft, ob der Trimmwiderstand 39 korrekt an den Anschlüssen APE und RT angeschlossen ist. Hierzu steuert die Steuereinrichtung 43 das erste Schaltelement 47 und das zweite Schaltelement 49 so an, dass lediglich das erste Schaltelement 47 geschlossen ist. Des Weiteren steuert die Steuereinrichtung die erste Spannungsquelle 41 so an, dass eine vorbestimmte Spannung U_{RT} an der Spannungsquelle 41 und somit auch zwischen den Anschlüssen APE und RT anliegt. Anschließend erfasst die Steuereinrichtung 43 mittels des ersten Stromsensors 45 den Strom I_1 , der bei intakter Lambdasonde 11 einen Strom durch den Trimmwiderstand 39 entspricht.

Anschließend wird in einer Verzweigung 79 überprüft, ob der Strom I_{RT} innerhalb eines durch einen Mindestwert $I_{RT,min}$ und einen Höchstwert $I_{RT,max}$ begrenzten

Bereichs liegt. Ist dies nicht der Fall (N), wird in einem Schritt 81 ein Fehler festgestellt. Die Steuereinrichtung 43 kann im Schritt 81 den Fehler feststellen und/oder protokollieren. Ist der Strom kleiner als der Mindestwert $I_{RT,max}$, dann wird eine schlechte Kontaktierung des Trimmwiderstands 39 oder eine
5 Unterbrechung zwischen einem Anschluss des Trimmwiderstands 39 und einem der Anschlüsse APE oder RT des Steckverbinders 13 erkannt. Ist der erfasste Strom I_{RT} größer als der Höchstwert $I_{RT,max}$, dann wird ein Nebenschluss parallel zum Trimmwiderstand 39 erkannt. Liegt der erfasste Strom innerhalb des zulässigen Bereichs (Y), dann wird zu einem nächsten Prüfschritt 83 verzweigt.
10 Abweichend von der gezeigten Ausführungsform kann in Abhängigkeit von der vorgegebenen Spannung U_{RT} und dem erfassten Strom I_{RT} zunächst der Widerstand zwischen den Anschlüssen APE und RT berechnet werden und der berechnete Widerstand mit einem zulässigen Widerstandsbereich verglichen werden. In Abhängigkeit von diesem Vergleich kann dann im Schritt 81 wieder
15 auf eine schlechte Kontaktierung oder Unterbrechung beziehungsweise einen Nebenschluss geschlossen werden.

Anschließend wird eine Hysterese innerhalb eines Zusammenhangs zwischen einer positiven Pumpspannung $U_P > 0$ und einem Pumpstrom I_P überprüft (siehe
20 Figur 4). Hierzu wird im Schritt 83 von der Spannungsquelle 41 eine konstante Spannung $U_1 = U_P > 0$ und an den Anschluss APE und über das geschlossene zweite Schaltelement 49 an den Anschluss IPN der Pumpzelle 17 angelegt. Im Falle der Einzellen-Sonde 61 wird die Spannung U_P an die Anschlüsse ALE und IPE angelegt.

Der Wert der Pumpspannung U_P wird schrittweise variiert. Zunächst liegt keine oder nur eine niedrige Spannung an der Pumpzelle 17 beziehungsweise der Pump- und Nernst-Zelle 63 an, danach wird ein relativ kleiner Wert U_P^1 , der beispielsweise bei 800 mV liegen kann, angelegt und ein zugehöriger Strom I_P^1
30 mittels des ersten Stromsensors 45 gemessen. Anschließend wird eine höhere Pumpspannung U_P^2 , die beispielsweise 1200 mV betragen kann, an die Anschlüsse APE und IPN beziehungsweise ALE und IPE angelegt und ein zugehöriger Strom I_P^2 gemessen. Nach einer gewissen Zeit wird wieder die kleinere Pumpspannung U_P^1 angelegt und ein zugehöriger Strom I_P^3 erfasst.

Anschließend überprüft eine Verzweigung 85, ob die beiden Stromwerte I_P^1 und I_P^2 Null sind. Ist dies der Fall (Y), wird in einem Schritt 87 ein Defekt der Leitungen zwischen den Anschluss APE und/oder IPN beziehungsweise ALE und/oder IPE und der Zelle 17 bzw. 63 erkannt. Andernfalls (N) wird in einer Verzweigung 89 überprüft, ob eine Differenz zwischen dem Strom I_P^3 und I_P^1 betragsmäßig größer als ein Höchstwert $\Delta I_{P,max}$ ist. Ist dies der Fall (Y), wird in einem Schritt 91 ein Defekt an mindestens einer der Elektroden 19, 21 beziehungsweise 65, 67 der Zellen 17 beziehungsweise 63 erkannt. Ist die Differenz zwischen den Strömen kleiner als der Höchstwert $\Delta I_{P,max}$ (Zweig N der Verzweigung 89), dann ist die Hysterese hinreichend gering, und es wird zu einem Schritt 93 verzweigt.

Zusätzlich können im Fall einer Zweizellen-Breitbandsonde während der beiden Pumpspannungen U_P^1 und U_P^2 mit dem I_P auch die Nernstspannungen zwischen U_N^1 und U_N^2 zwischen IPN und RE gemessen werden. Sowohl deren Absolutwerte als auch die Differenz zwischen ihnen kann als Diagnosekriterium verwendet werden. Dadurch wird die Empfindlichkeit auf defekte IPN verbessert und in Kombination mit den Ergebnissen der I_P -Hysterese-Untersuchung eine eindeutige Unterscheidung, welche der beiden Pumpelektroden die defekte ist, ermöglicht.

In den folgenden Schritten des Verfahrens 71, die in Figur 5 dargestellt sind, wird überprüft, ob der Pumpstrom I_P in einem zulässigen Bereich liegt. Hierzu wird zunächst in einem Schritt 93 eine definierte konstante Spannung U_{RT2} durch entsprechendes Ansteuern der ersten Spannungsquelle 41 und der Schaltelemente 47 und 49 angelegt und der Strom I_1 als ein Strom I_{RT2} erfasst. Aus dem erfassten Strom I_{RT2} wird ein Sollwert $I_{P,soll}$ für den Pumpstrom ermittelt (Schritt 95). Anschließend wird in einem Schritt 97 eine vorgegebene konstante positive Pumpspannung $U_P > 0$ an die Anschlüsse APE und IPN angelegt. Hierzu steuert die Steuereinrichtung 43 die Schaltelemente 47, 49 und die erste Spannungsquelle 41 entsprechend an ($U_1 = U_P > 0$). Der resultierende Pumpstrom I_P wird mittels des ersten Stromsensors 45 erfasst.

Anschließend wird in einer Verzweigung 99 überprüft, ob ein Quotient aus dem erfassten Pumpstrom I_P und dem ermittelten Sollwert $I_{P,soll}$ betragsmäßig in einem durch die Werte Q_{min} und Q_{max} begrenzten Bereich liegt. Ist dies nicht der Fall

(N), dann wird in einem Schritt 101 ein Fehler in der Pumpzelle 17 erkannt. Ist der Quotient größer als der Wert Q_{\max} , dann wird ein Riss in einer Diffusionsbarriere der Lambdasonde 11 und/oder in einer Sondenkeramik, insbesondere im ersten Festkörperelektrolyt 23, erkannt. Ferner deutet ein zu großer Wert des Quotienten auf einen elektrischen Nebenschluss parallel zur Pumpzelle 17 hin. Ist der Quotient betragsmäßig kleiner als der Wert Q_{\min} , dann wird eine Versottung, das heißt Schmutzablagerungen, an der Diffusionsbarriere, erkannt. Liegt der Quotient innerhalb des zulässigen Bereichs, dann wird mit einem Schritt 103 fortgefahren. Der genaue Wert von Q_{\min} beziehungsweise Q_{\max} kann in Abhängigkeit von der zu überprüfenden Lambdasonde und dem an der Sonde während der Diagnose vorliegenden Gas festgelegt werden. Für bestimmte Typen der Lambdasonde 11 und bestimmte Gasumgebungen, z.B. Luft, darf der Quotient bis zu 14% nach oben abweichen, das heißt beispielsweise $Q_{\max} = 1,14$. Dementsprechend kann ggf. auch eine Abweichung um 14% nach unten toleriert werden, das heißt es kann beispielsweise $Q_{\min} = 0,86$ gewählt werden.

Es ist denkbar, dass die in Figur 5 gezeigten Schritte 93, 95, 97, 99, 101 zum Überprüfen der Hysterese auch bei Einzellensonden und/oder Sonden ohne den Trimmwiderstand 39 ausgeführt werden. Bei Einzellensonden wird im Schritt 97 die Pumpspannung U_P an die Anschlüsse ALE und IPE angelegt. Bei Abgassonden ohne den Trimmwiderstand 39 entfällt der Schritt 93, und im Schritt 95 wird der Sollwert $I_{P,\text{soll}}$ des Pumpstroms auf andere Weise, beispielsweise als eine Konstante, die ggf. vom Typ der Lambdasonde abhängen kann, festgelegt.

Ferner wird in dem Verfahren 71 außer dem Pumpstrom I_P in einer Vorwärtsrichtung auch ein invertierter Pumpstrom überprüft. Entsprechende Schritte des Verfahrens 71 sind in Figur 6 dargestellt. In einem Schritt 103 wird eine negative Spannung $-U_{Pn}$ von der ersten Spannungsquelle 41 erzeugt, das heißt $U_1 < 0$. Die negative Spannung wird an die Anschlüsse APE und IPN beziehungsweise ALE und IPE angelegt. Hierzu schließt die Steuereinrichtung 43 das erste Schaltelement 47 und öffnet das zweite Schaltelement 49. Bei angelegter negativer Pumpspannung $-U_{Pn}$ wird ein Pumpstrom I_P erfasst.

Eine dem Schritt 103 nachfolgende Verzweigung 105 überprüft, ob der Betrag des erfassten Pumpstroms I_P innerhalb eines durch Werte $I_{P,\text{min}}$ und $I_{P,\text{max}}$

begrenzten Bereichs liegt. Ist dies nicht der Fall (N), dann wird in einem Schritt 107 ein Fehler in der Lambdasonde 11 festgestellt. Andernfalls (Y) wird zu einem Schritt 109 verzweigt. Ist der erfasste Pumpstrom I_P kleiner als der Mindestwert $I_{P,min}$, dann wird im Schritt 107 eine Versottung einer auf der

5 Außenpumpelektrode 19 beziehungsweise der Außenelektrode 65 angebrachte Schutzschicht, eine zu geringe Temperatur der Lambdasonde 11 und/oder ein Defekt im ersten Festkörperelektrolyt 23 erkannt. Ist der erfasste Pumpstrom I_P betragsmäßig größer als der Höchstwert $I_{P,max}$, dann wird eine zu hohe Temperatur der Lambdasonde 11 und/oder ein elektrischer Nebenschluss

10 zwischen der Außenpumpelektrode 19 und der Innenpumpelektrode 21 beziehungsweise der Außenelektrode 65 und der Innenelektrode 67 oder eine Beschädigung bzw. ein Fehlen der Schutzschicht erkannt. Ein solcher Nebenschluss kann beispielsweise durch Ablagerungen zwischen den Elektroden 19 und 21 beziehungsweise 65 und 67 oder einer unzureichenden

15 Isolierung der Elektroden 19, 21 beziehungsweise 65 und 67 gegeneinander herrühren.

Als eine weitere in Figur 7 dargestellte Überprüfung wird die elektrische Leitfähigkeit zwischen dem Anschluss IPN beziehungsweise IPE und dem

20 leitfähigen Gehäuseteil 37 überprüft. Hierzu wird in dem Schritt 109 eine Spannung U_{ge} zwischen dem Anschluss IPN beziehungsweise IPE und dem elektrisch leitfähigen Gehäuseteil 37 angelegt. Die Spannung U_{ge} ist vorzugsweise positiv, $U_{ge} > 0$. Hierzu schließt die Steuereinrichtung 43 der in Figur 1 gezeigten Diagnosevorrichtung das dritte Schaltelement 55 und hält das

25 vierte Schaltelement 57 offen. Ferner steuert die Steuereinrichtung 43 die zweite Spannungsquelle 51 so an, dass sie die Spannung $U_2 = U_{ge}$ erzeugt. Der durch die zweite Spannungsquelle 51 fließende Strom I_2 wird als ein Gehäusestrom $I_{ge} = I_2$ erfasst. Anschließend wird in einer Verzweigung 111 überprüft, ob der erfasste Gehäusestrom I_{ge} größer ist als ein kritischer Wert $I_{ge,krit}$. Ist dies der Fall

30 (Y), wird in einem Schritt 113 ein Nebenschluss zwischen einem Sensorelement der Lambdasonde 11 und dem Gehäuse 35 erkannt. Ein solcher Nebenschluss kann auf eine Verrußung der Lambdasonde 11, insbesondere von einer Rußablagerung zwischen dem Sensorelement und einer Innenseite eines Schutzrohrs des Gehäuses 35 herrühren. Ist der Gehäusestrom I_{ge} nicht größer

35 als der kritische Wert $I_{ge,krit}$ (N), dann wird zu einem Schritt 115 verzweigt. Im Schritt 115 werden die in den vorherigen Schritten ermittelten Testergebnisse

ausgewertet. Beispielsweise können sie angezeigt und/oder gespeichert werden. Es ist auch denkbar, dass, insbesondere wenn alle Prüfungen einzeln keinen Fehlerbefund geliefert haben, ein mehrdimensionales Merkmalspektrum abgeprüft wird. Das heißt, die Toleranzbereiche jeder einzelnen untersuchten Funktionsgröße werden in einem abschließenden Test daran festgemacht, wo jeweils die anderen Funktionswerte liegen. So kann eine empfindlichere Gesamt-Diagnose erzielt und auch Wechselwirkungen zwischen einzelnen Parametern berücksichtigt werden. Anschließend wird das Verfahren im Schritt 117 beendet.

In der gezeigten Ausführungsform des Verfahrens 71 wird für den Fall, dass eine einzelne Überprüfung einen Fehler erkennt, das heißt für den Fall, dass einer der Schritte 81, 87, 91, 101, 107 oder 113 ausgeführt wird, das Verfahren 71 jeweils mit der nächsten Überprüfung fortgesetzt. Das heißt, es werden alle Überprüfungen unabhängig von den Ergebnissen der jeweils vorhergehenden Überprüfungen durchgeführt. Hierbei steuert die Steuereinrichtung 43 den Ablauf des Verfahrens 71 und wertet erfasste Größen zur Diagnose der Lambdasonde 11, 61 aus. Die Steuereinrichtung 43 bildet somit auch eine Auswerteeinheit der Diagnosevorrichtung 15.

Abweichend hiervon kann jedoch auch vorgesehen werden, dass das Verfahren 71 beendet wird, sobald eine der Überprüfungen einen Fehler erkennt. In diesem Fall wird nach Ausführung des Schritts 81, 87, 91, 101 oder 107 sofort zum Schritt 115 verzweigt. Die Reihenfolge der jeweils in den Figuren 3 bis 7 dargestellten Überprüfungen kann beliebig variiert werden. In anderen Ausführungsformen können auch einzelne dieser Überprüfungen entfallen.

Im Folgenden wird anhand der Figur 8 der Schritt 75 zum Erkennen des Typs der Lambdasonde 11 näher erläutert. Im Schritt 75 steuert die Steuereinrichtung 43 das Regelelement 59 zunächst so an, dass eine Heizspannung U_H zwischen dem Anschluss H+ und dem Anschluss H- der Lambdasonde 11 angelegt wird (Schritt 121). Eine exakte Regelung der Temperatur der Lambdasonde 11 ist für die Erkennung des Typs der Lambdasonde 11 nicht erforderlich. Die Heizspannung U_H muss lediglich hinreichend hoch sein, so dass für alle Sondentypen, mit denen die Diagnosevorrichtung 15 betrieben werden sollen, eine hinreichend große Temperatur der Festkörperelektrolyte 23, 27 erreicht wird, bei der die Festkörperelektrolyte 23, 27 Sauerstoffionen leiten können. In einem

nachfolgenden Schritt 123 werden Sauerstoffionen zum Diffusionsspalt der Lambdasonde 11 transportiert. Falls es sich bei der Lambdasonde 11 um eine Zweizellensonde handelt, dann wird eine negative Spannung $U_D < 0$ an die Nernst-Zelle 25 angelegt. Hierzu steuert die Steuereinrichtung 43 die zweite Spannungquelle 51 so an, dass die Spannung U_2 einen negativen Wert aufweist, das heißt $U_2 = U_D < 0$. Nach einer gewissen Zeit wird die Nernst-Zelle 25 wieder von der Spannung U_D getrennt. Hierzu kann die Steuereinrichtung 43 das vierte Schaltelement 57 öffnen.

In einem auf den Schritt 123 folgenden Schritt 125 wird mittels des Spannungssensors 52 eine Spannung U_M zwischen dem Anschluss APE und dem Anschluss RE, das heißt im Wesentlichen eine Spannung zwischen der Außenpumpelektrode 19 und der Referenzelektrode 31, erfasst. Die Höhe der Spannung U_M ist ein Maß für den Sauerstoffgehalt im Gas, das an der zu der Außenpumpelektrode 19 zugewandten Seite der Lambdasonde 11 vorhanden ist. Handelt es sich hierbei um sauerstoffarmes Gas, dann ergibt sich ein relativ hoher Wert für die Spannung U_M , der typischerweise über 450 mV liegt. Die Schritte 123 und 125 dienen somit zur Erkennung von sauerstoffarmem Gas (Fettgaserkennung). Sauerstoffarmes Gas kann insbesondere dann vorliegen, wenn die Lambdasonde 11 während der Diagnose im Abgasrohr der Brennkraftmaschine eingebaut bleibt. Denn nach einem Abschalten der Brennkraftmaschine zum Zwecke der Diagnose verbleibt oftmals Restabgas im Abgasrohr, das einen relativ geringen Sauerstoffgehalt aufweist. Da bei modernen Brennkraftmaschinen das Abgassystem, insbesondere das Abgasrohr, in dem die Lambdasonde 11 eingebaut ist, relativ gut gegenüber der Umgebungsluft abgedichtet ist, steigt der Sauerstoffgehalt im Abgasrohr auch nach einem längeren Stillstand der Brennkraftmaschine allenfalls geringfügig an.

Handelt es sich bei der Lambdasonde 11 um die Einzellensonde 61, dann wird im Schritt 123 die Spannung U_D an die Anschlüsse ALE und IPE angelegt. Hierzu steuert die Steuereinrichtung 43 die erste Spannungquelle 41 derart an, dass sie die positive Spannung $U_D > 0$ erzeugt, das heißt $U_1 = U_D > 0$. Im Schritt 125 wird die Spannung U_M mittels des Spannungssensors 52 zwischen den Anschlüssen ALE und IPE gemessen.

Anschließend wird in einer Verzweigung 127 überprüft, ob die erfasste Spannung U_M betragsmäßig größer ist als ein kritischer Wert $U_{M,krit}$. Ist dies der Fall (Y), dann wird erkannt, dass sauerstoffarmes, das heißt fettes Gas vorliegt, und in einem Schritt 129 wird ein Korrekturwert ΔU auf einen Wert gesetzt, der dem Betrag der Spannung U_M entspricht. Andernfalls (N) wird in einem Schritt 131 der Korrekturwert ΔU auf Null gesetzt.

Auf den Schritt 129 beziehungsweise 131 folgt ein Schritt 133, in welchem zwischen dem Anschluss IPN und dem Anschluss RE eine negative Spannung angelegt wird. Diese Spannung entspricht betragsmäßig einem vorbestimmten Wert $U_{SD1} > 0$, der um den Korrekturwert $\Delta U > 0$ korrigiert wird, das heißt die zweite Spannungsquelle 51 erzeugt die Spannung $U_2 = -U_{SD1} - \Delta U < 0$. Gleichzeitig wird der Strom I_2 als der Pumpstrom I_{SD2} erfasst. Anschließend wird in einem Schritt 135 an die Anschlüsse IPN und RE eine positive vorgegebene konstante Spannung $U_{SD2} > 0$ angelegt, wodurch die Spannung an den Anschlüssen IPN und RE umgepolt wird. Gleichzeitig wird der Strom I_2 als weiterer Pumpstrom I_{SD2} erfasst. Schließlich wird in einem Schritt 137 der Typ der Lambdasonde 11 in Abhängigkeit von den beiden erfassten Pumpströmen I_{SD1} und I_{SD2} ermittelt. Nach Abschluss des Schritts 137 wird das Verfahren 71 mit dem auf den Schritt 75 folgenden Schritt 76 fortgesetzt.

Beispielsweise kann anhand der erfassten Pumpströme I_{SD1} und I_{SD2} zwei Typen der Lambdasonde 11 unterschieden werden, die sich hinsichtlich ihrer Geometrie, insbesondere der Größe des Luft-Diffusionskanals zur Referenzelektrode 31 beziehungsweise der Größe und Lage der Nernst-Elektrode 29 unterscheiden. Aufgrund der unterschiedlichen Geometrien ist nämlich ein Widerstand der Nernst-Zelle 25 der Lambdasonde 11 dieser unterschiedlichen Typen verschieden. Somit ergibt sich bei der Lambdasonde 11 desjenigen Typs, bei dem die Nernst-Zelle 25 einen kleinen ohmschen Widerstand und einen offenen Referenzluftkanal aufweist, ein relativ großer Wert für die erfassten Ströme I_{SD1} und I_{SD2} . Bei der Lambdasonde 11 des Typs, bei dem der ohmsche Widerstand der Nernst-Zelle 25 relativ groß und der Diffusionskoeffizient des Referenzluftkanals relativ klein ist, sind diese erfassten Ströme I_{SD1} und I_{SD2} relativ gering. Somit kann vorgesehen werden, dass im Schritt 137 der Typ der Lambdasonde 11 erkannt wird, bei dem der Widerstand der Nernst-Zelle 25 und des Referenzluftkanals gering ist, wenn die erfassten

Ströme beide größer sind als bestimmte vorgegebene Mindestwerte, das heißt wenn gilt, $I_{SD1} > X_1$ und $I_{SD2} > X_2$. Dementsprechend kann im Schritt 137 vorgesehen werden, dass der Typ der Lambdasonde 11, bei dem der Widerstand der Nernst-Zelle 25 und des Referenzluftkanals hoch ist, erkannt wird, wenn die

5 erfassten Ströme geringer sind als bestimmte vorgegebene Mindestwerte, das heißt wenn gilt, $I_{SD1} < Y_1$ und $I_{SD2} < Y_2$. Auch andere, gegenläufige Kombinationen zwischen den erfassten Strömen können einen Sondentyp charakterisieren.

10 Die oben beschriebenen Schritte 133, 135, 137 zur Unterscheidung von Typen der Lambdasonde 11 können in entsprechender Weise auch in Verbindung mit der Einzellen-Lambdasonde 61 angewendet werden.

Man erkennt, dass die oben beschriebene Überprüfung insofern redundant ist,

15 als dass zwei erfasste Ströme überprüft werden, um zwischen zwei verschiedenen Typen der Lambdasonde zu unterscheiden. Dies ermöglicht eine besonders zuverlässige Unterscheidung der Typen der Lambdasonde 11. In den Fällen, in denen der Typ der Lambdasonde 11 nicht eindeutig identifiziert werden kann, kann das Verfahren 71 entweder abgebrochen werden oder ein Benutzer

20 der Diagnosevorrichtung 15 zur manuellen Eingabe des Typs der Lambdasonde 11 aufgefordert werden. Im Schritt 137 wird eine nicht eindeutige Identifizierbarkeit des Typs der Lambdasonde 11 festgestellt, wenn keine der beiden oben genannten Bedingungen bezüglich der Ströme I_{SD1} und I_{SD2} zutreffen. Hierdurch wird eine falsche Identifizierung des Typs der Lambdasonde

25 11 vermieden, wenn sich z. B. der Widerstand der Nernst-Zelle 25 aufgrund von Abnutzungs- oder Alterungseffekten (sogenannte dynamische Effekte) der Lambdasonde 11 verändert hat.

Insgesamt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren beziehungsweise eine

30 Diagnosevorrichtung bereit, mit der eine detaillierte Überprüfung einer Abgassonde, insbesondere einer Lambdasonde, möglich ist, wobei die Überprüfung isoliert von anderen Komponenten der Brennkraftmaschine vorzugsweise bei stillstehender Brennkraftmaschine durchgeführt werden kann. Hierdurch werden die Überprüfung verfälschende Effekte infolge von

35 Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Komponenten der Brennkraftmaschine zumindest weitgehend ausgeschlossen. Durch die

automatische Erkennung des Typs der Lambdasonde 11 wird eine einfache Bedienung der Diagnosevorrichtung 15 erreicht.

5 Ansprüche

1. Verfahren (71) zur Diagnose eines elektrochemischen Sensors, insbesondere einer beheizbaren Abgassonde (11) einer Brennkraftmaschine, bei dem mittels einer Spannungsquelle (41, 51) eine vorgegebene zeitlich variierende oder konstante Spannung (U_1 , U_2) erzeugt wird, die Spannung (U_1 , U_2) an die Anschlüsse/ Elektroden (APE, RT, IPN, RE, ALE, IPE, 37) der Abgassonde (11) angelegt wird, ein bei angelegter Spannung (U_1 , U_2) durch die Spannungsquelle fließender Strom (I_1 , I_2) erfasst wird und der Strom (I_1 , I_2) zur Diagnose der Abgassonde (11) ausgewertet wird, oder bei dem mittels einer Spannungsquelle (41, 51) ein vorgegebener zeitlich variierender oder konstanter Strom (I_1 , I_2) erzeugt wird, der Strom (I_1 , I_2) durch die Anschlüsse/Elektroden (APE, RT, IPN, RE, ALE, IPE, 37) der Abgassonde (11) getrieben wird, eine bei eingespeistem Strom (I_1 , I_2) an der Spannungsquelle (41, 51) anliegende Spannung (U_1 , U_2) erfasst wird und die Spannung (U_1 , U_2) zur Diagnose der Abgassonde (11) ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren (71) unabhängig von einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine ausgeführt wird, wobei eine Betriebstemperatur der Abgassonde (11) mittels einem von der Steuer- und/oder Regeleinrichtung getrennten Regelement (59) auf einen vorgegebenen Temperaturwert geregelt wird.
2. Verfahren (71) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung (U_1 , U_2) an die mit Elektroden (19, 21, 29, 31, 65, 67) einer Zelle (17, 25, 63) der Abgassonde (11) verbundenen Anschlüsse (APE, RT, IPN, RE, ALE, IPE) angelegt wird und als Strom (I_1) ein Pumpstrom (I_P) erfasst wird.
3. Verfahren (71) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung (U_1) schrittweise und/ oder in wechselnder Richtung derart variiert wird, dass die Spannung (U_1) nacheinander verschiedene Spannungswerte

(U_P^1, U_P^2) aufweist und dass für mindestens zwei dieser Spannungswerte (U_P^1, U_P^2) zugehörige Stromwerte (I_P^1, I_P^2) des Stroms (I_1) erfasst werden.

- 5 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass durch Auswerten der Stromwerte (I_P^1, I_P^2) , vorzugsweise durch Vergleichen, der Stromwerte (I_P^1, I_P^2) miteinander, eine Hysterese bezüglich einer Abhängigkeit zwischen der angelegten Spannung (U_1) und dem erfassten Strom (I_1) überprüft wird.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass durch Auswerten der Nernstspannungswerte U_N zwischen RE und IPN (U_N^1, U_N^2), vorzugsweise durch Vergleichen der Nernstspannungswerte (U_N^1, U_N^2) miteinander, eine Hysterese bezüglich einer Abhängigkeit zwischen der angelegten Spannung (U_1) und der erfassten Nernstspannung (U_1) überprüft wird.
- 15
- 20 6. Verfahren (71) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung (U_1) an die mit einem Trimmwiderstand (39) der Abgassonde (11) verbundenen Anschlüsse (APE, RT) angelegt wird.
- 25 7. Verfahren (71) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass, vorzugsweise in Abhängigkeit von einem Wert des Trimmwiderstands, ein Sollwert ($I_{P,soll}$) für den Pumpstrom (I_P) ermittelt wird, als Spannung (U_1) eine positive Pumpspannung (U_P) angelegt wird und die Abgassonde (11) in Abhängigkeit von dem Sollwert ($I_{P,soll}$) und dem Pumpstrom (I_P) überprüft wird.
- 30 8. Verfahren (71) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Spannung (U_1) eine negative Pumpspannung ($-U_{Pn}$) angelegt wird, als Strom (I_1) ein invertierter Pumpstrom (I_P) erfasst wird und überprüft wird, ob der invertierte Pumpstrom (I_P) in einem vorgegebenen zulässigen Bereich ($I_{P,min}, I_{P,max}$) liegt.
- 35 9. Verfahren (71) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung (U_2) zwischen einem mit einer

5 Elektrode der Zelle, vorzugsweise mit einer Innenelektrode (21, 67) einer Pumpzelle (17, 63), verbundenen Anschluss (IPN, IPE) der Abgassonde (11) und einem elektrisch leitfähigen Gehäuseteil (37) der Abgassonde (11) angelegt wird, als Strom (I_2) ein Gehäusestrom (I_{ge}) erfasst wird und überprüft wird, ob der Gehäusestrom (I_{ge}) kleiner oder gleich einem vorgegebenen Höchstwert ($I_{ge,max}$) ist.

10. Verfahren (71) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Messgröße (I_{SD1} , I_{SD2}), die einen Zellenwiderstand der mindestens einen Zelle (25, 63) der Abgassonde (11), vorzugsweise den Zellenwiderstand einer Nernst-Zelle (25) der Abgassonde (11), charakterisiert, erfasst oder ermittelt wird und in Abhängigkeit von der Messgröße (I_{SD1} , I_{SD2}) ein Typ der Abgassonde (11) ermittelt wird.
- 15 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Spannung mindestens eine Messspannung ($-U_{SD2}$, U_{SD2}) an die Zelle (25) angelegt wird und als Messgrößen für jede Messspannung der Strom (I_{SD1} , I_{SD2}) durch die Zelle (25) erfasst wird.
- 20 12. Verfahren (71) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass nacheinander mindestens zwei Messspannungen ($-U_{SD2}$, U_{SD2}) unterschiedlicher Polarität an die Zelle (25) angelegt werden.
- 25 13. Verfahren (71) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die bzw. jede Messgröße (I_{SD1} , I_{SD2}) mit einem Schwellwert (X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2) verglichen wird und in Abhängigkeit von diesem Vergleich der Typ der Abgassonde (11) ermittelt wird.
- 30 14. Verfahren (71) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Anlegen der Messspannung ($-U_{SD1}$, U_{SD2}) an die Zelle (25) eine von der Zelle (25) erzeugte Zellenspannung (U_M) erfasst wird und zumindest eine der besagten Messspannungen ($-U_{SD1} - \Delta U$) in Abhängigkeit von der Zellenspannung (U_M) vorgegeben wird.
- 35 15. Diagnosevorrichtung (15) zum Überprüfen einer beheizbaren Abgassonde (11) einer Brennkraftmaschine, wobei die Diagnosevorrichtung (15) umfasst:

mindestens eine Spannungsquelle (41, 51), die zum Anlegen einer vorgegebenen zeitlich variierenden oder konstanten Spannung (U_1 , U_2) an Anschlüsse (APE, RT, IPN, RE, ALE, IPE, 37) der Abgassonde (11) eingerichtet ist, mindestens einen Stromsensor (45, 53), der zum Erfassen eines bei angelegter Spannung (U_1 , U_2) durch die Spannungsquelle (41, 51) fließenden Stroms (I_1 , I_2) eingerichtet ist, und eine Auswerteeinheit (43) zum Auswerten des Stroms (I_1 , I_2) zur Diagnose der Abgassonde (11), oder die umfasst: mindestens eine Spannungsquelle, die zum Erzeugen eines vorgegebenen, zeitlich variierenden oder konstanten Stroms (I_1 , I_2) eingerichtet ist, und die dazu eingerichtet ist, den Strom (I_1 , I_2) durch Anschlüsse der Abgassonde (11) zu treiben, einen Spannungssensor, der zum Erfassen einer bei eingespeistem Strom (I_1 , I_2) an der Spannungsquelle anliegenden Spannung eingerichtet ist, und eine Auswerteeinheit, die zum Auswerten der Spannung zur Diagnose elektrochemischen Sensors eingerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Diagnosevorrichtung (15) derart von einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine getrennt ist, dass sie die Abgassonde (11) unabhängig von einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung überprüfen kann, wobei die Diagnosevorrichtung (15) ein Regelelement (59) zum Regeln einer Betriebstemperatur der Abgassonde (11) auf einen vorgegebenen Wert aufweist.

16. Diagnosevorrichtung (15) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Diagnosevorrichtung (15) zum Ausführen des Verfahrens (71) nach einem der Ansprüche 1 bis 14 eingerichtet, insbesondere programmiert, ist.

17. Diagnosevorrichtung (15) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass anstelle der vorgegebenen Spannung der Strom vorgegeben wird und anstelle des ausgewerteten Stroms die zugehörige Spannung ausgewertet wird.

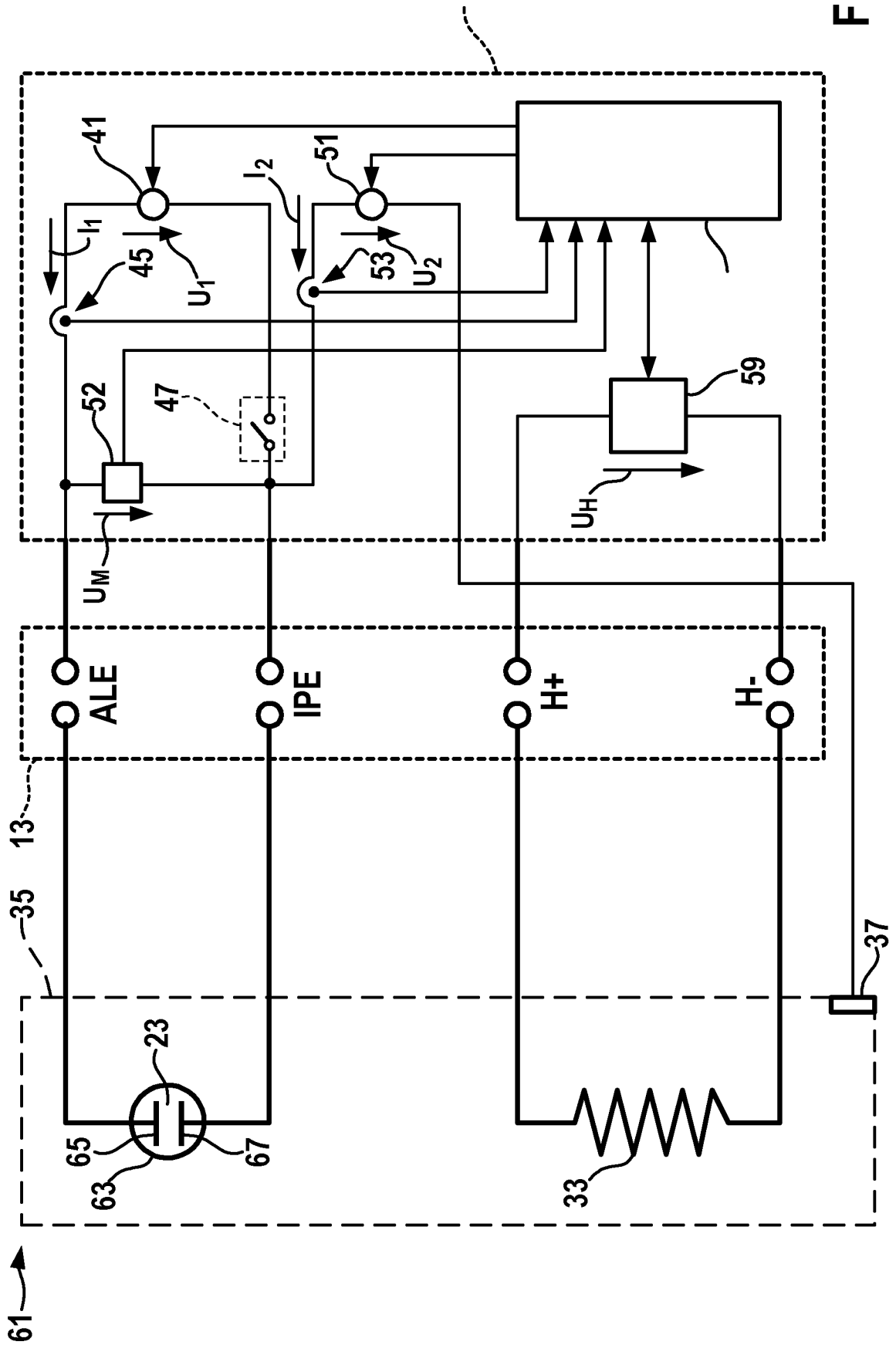


Fig. 2

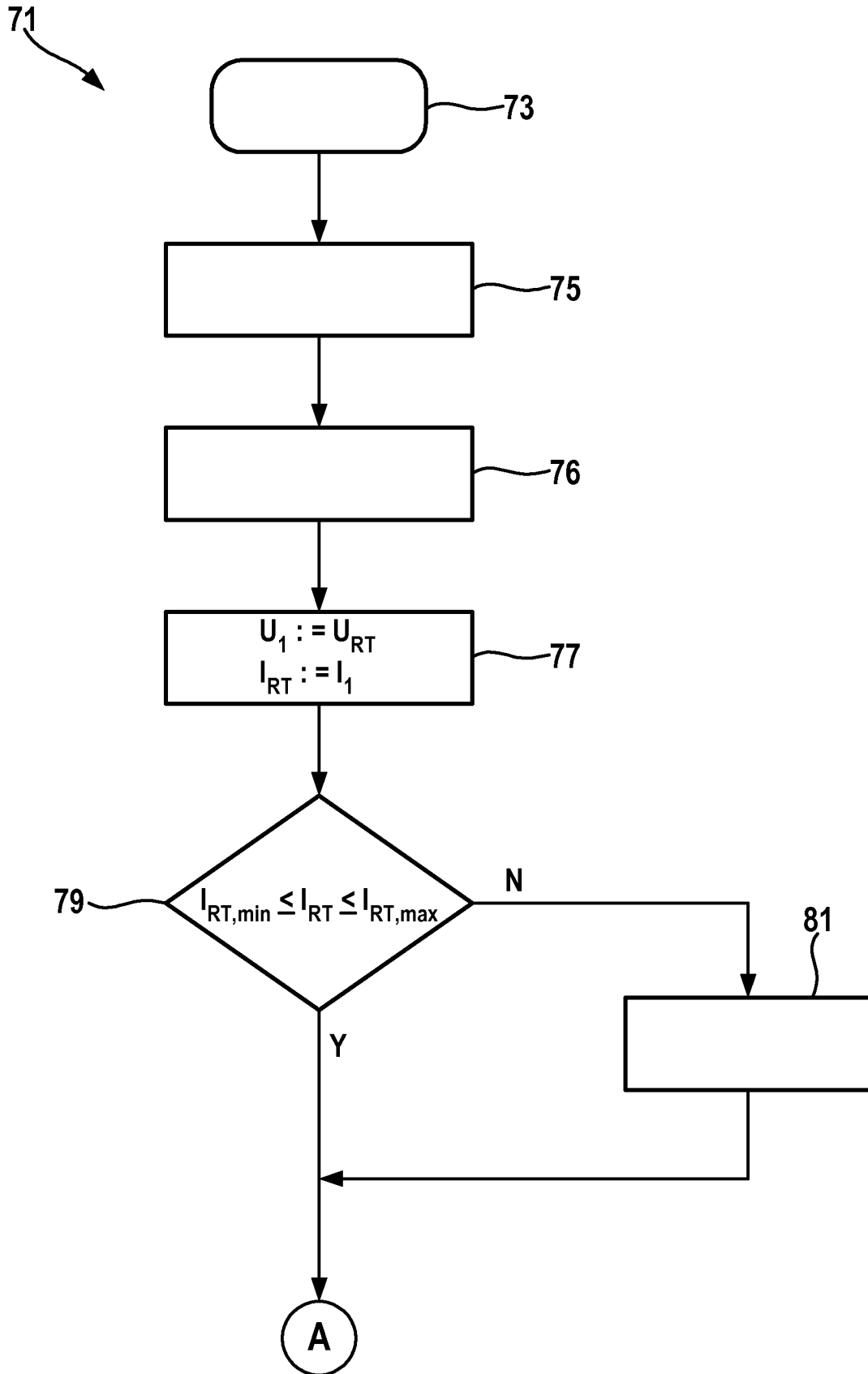


Fig. 3

4 / 7

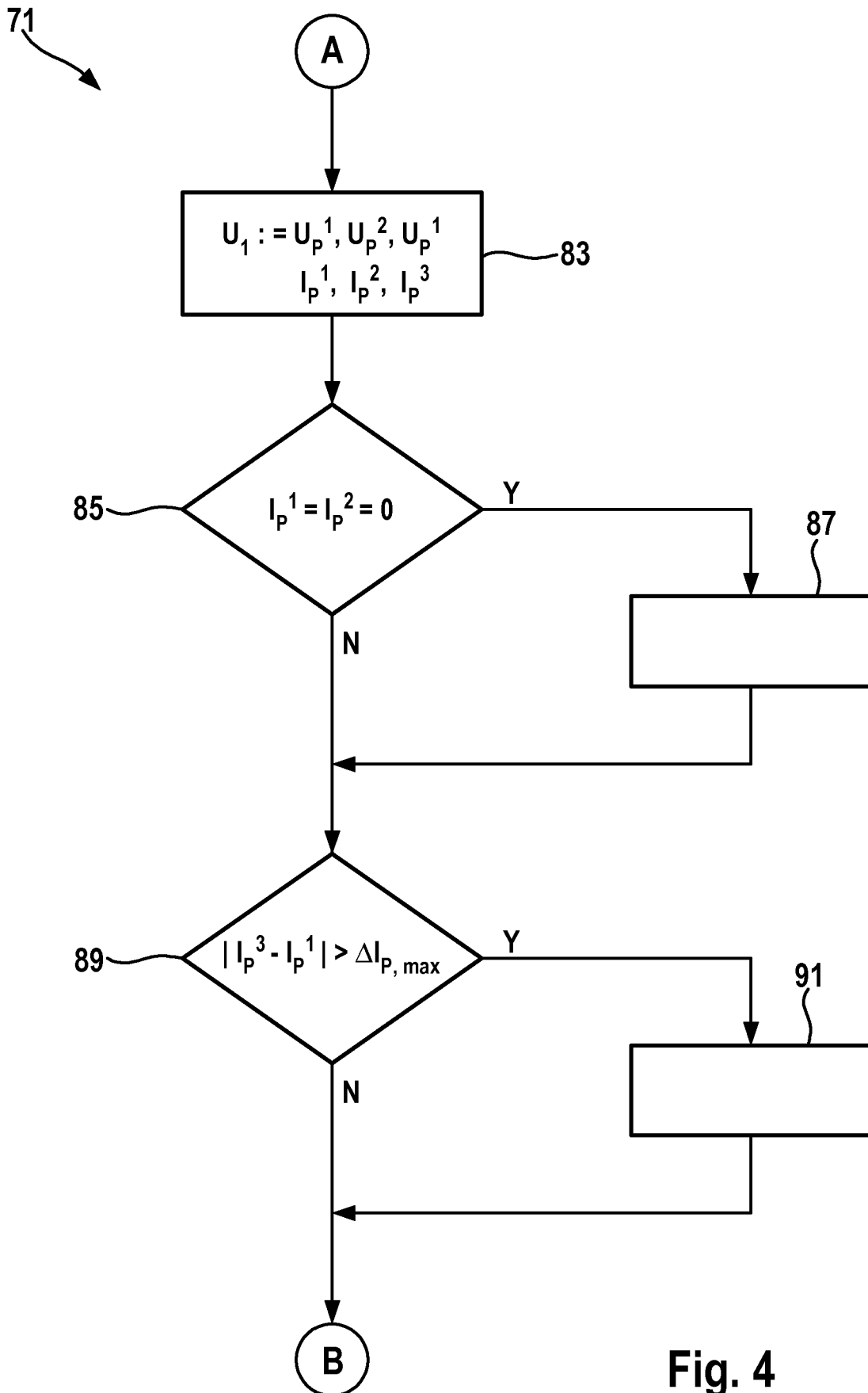


Fig. 4

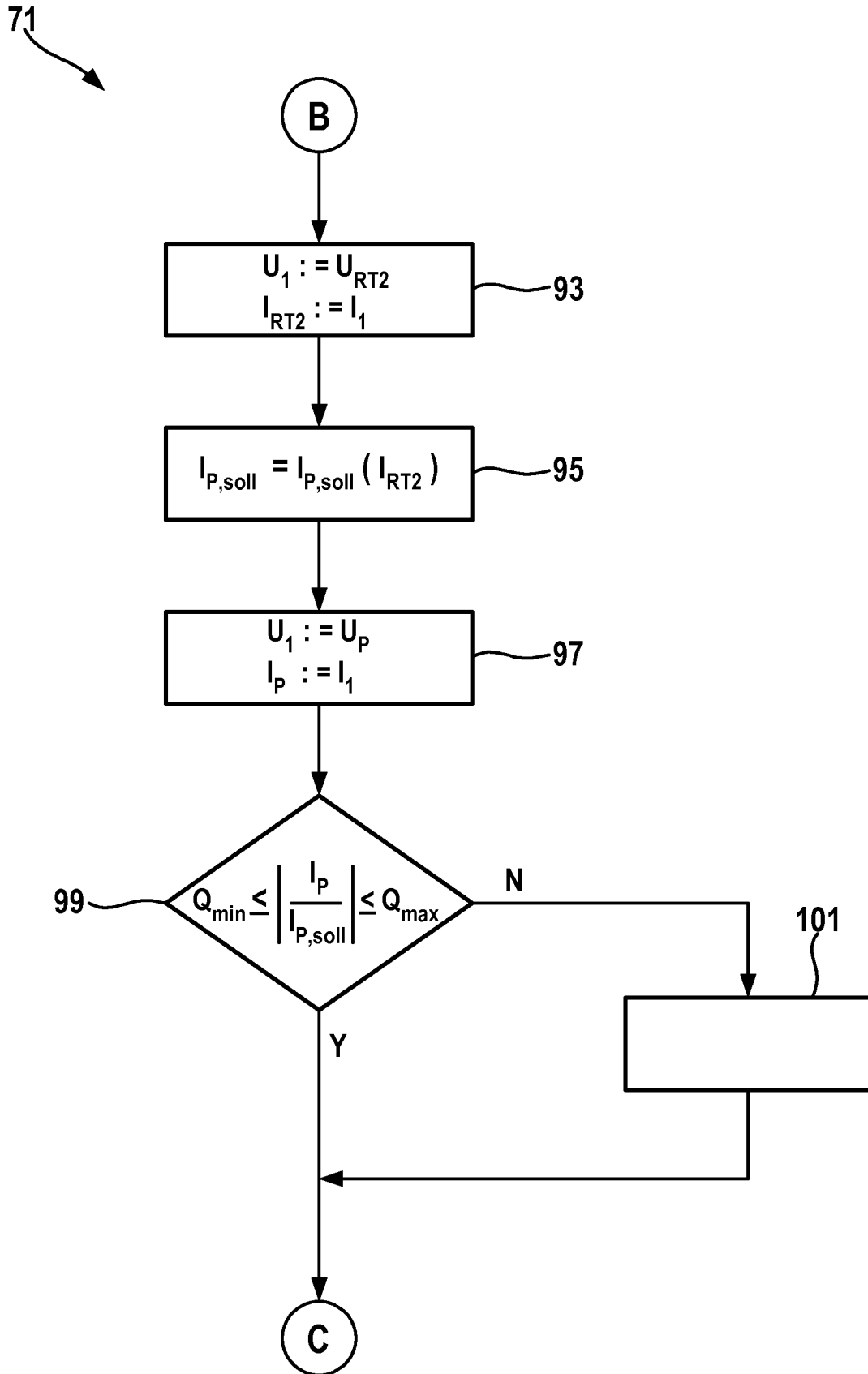
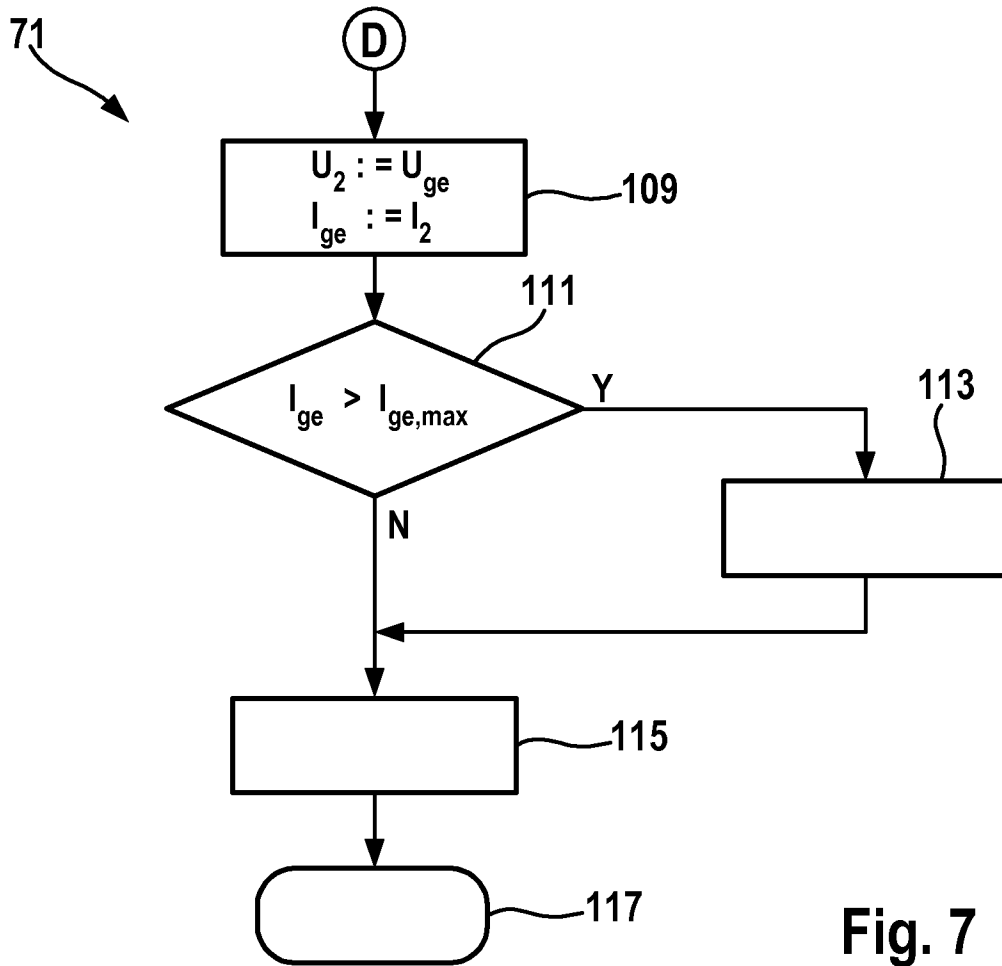
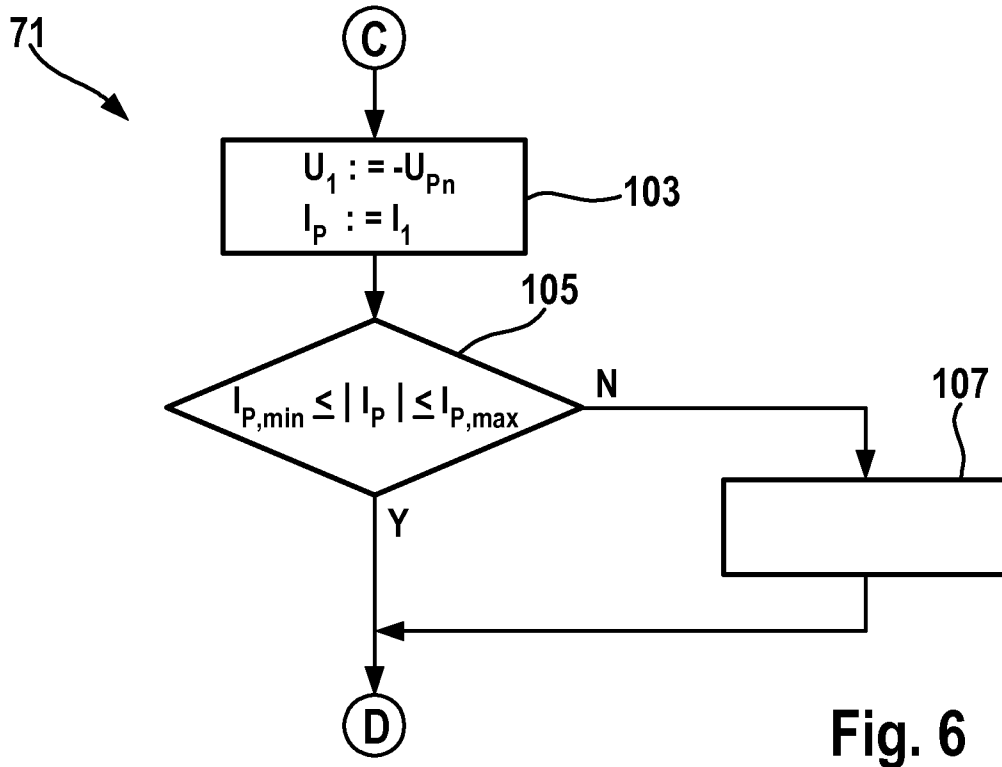


Fig. 5



7/7

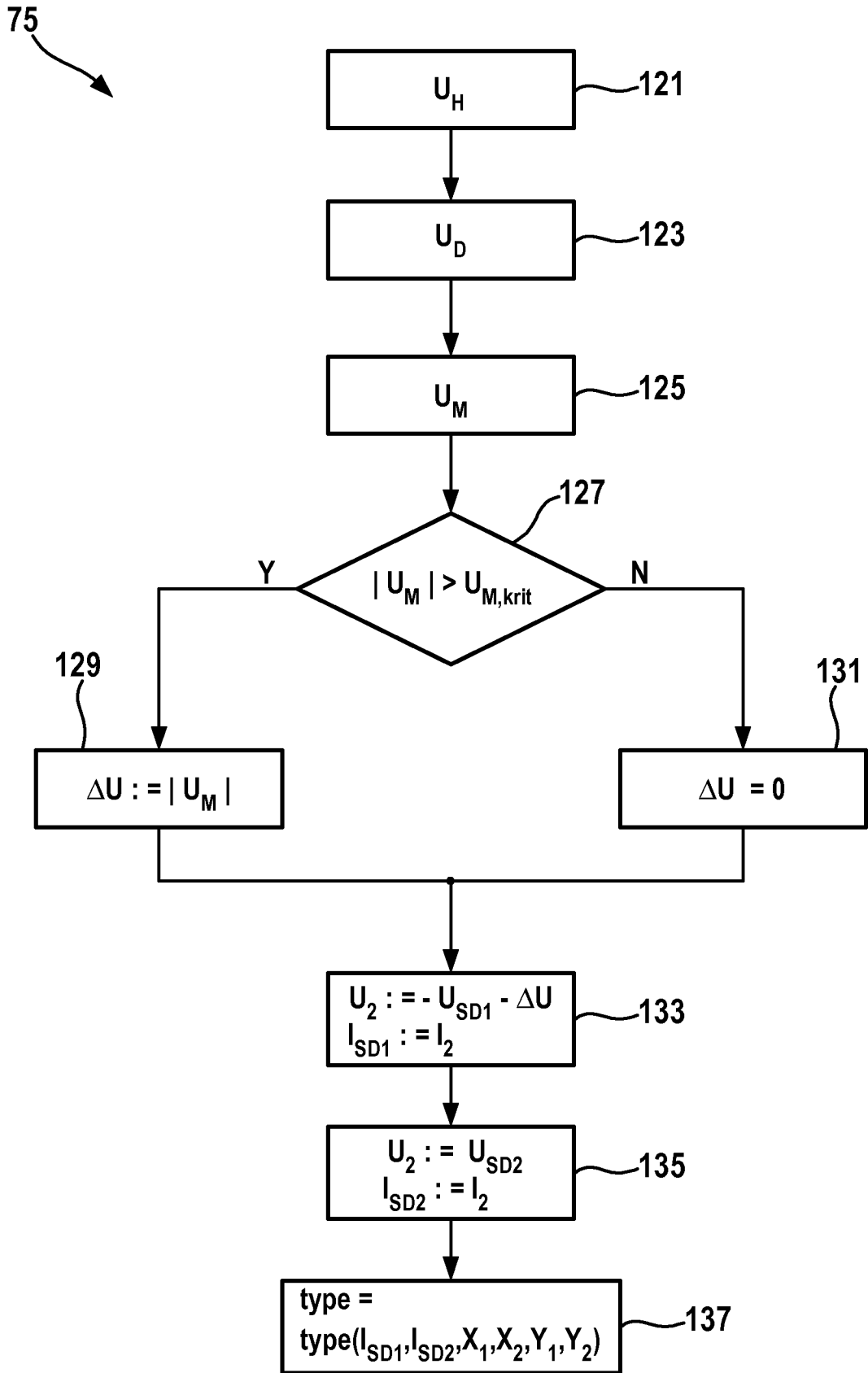


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/059251

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/14 F02D41/26
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02D G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 198 45 927 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13 April 2000 (2000-04-13) * abstract; figures 1,3	1,2, 15-17
X	DE 196 22 625 A1 (NIPPON DENSO CO [JP]) 12 December 1996 (1996-12-12)	1-3
Y	* abstract; figures 1,2,3,14,15,16	6-8
Y	DE 31 15 404 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 11 November 1982 (1982-11-11) * abstract; figures 3,4 pages 15-16	6-8
A	EP 1 480 039 A1 (DENSO CORP [JP]) 24 November 2004 (2004-11-24) paragraphs [0068], [0069], [0 78] - [0083]	1-17

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 September 2010

Date of mailing of the international search report

24/09/2010

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/059251

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19845927	A1	13-04-2000	JP 2000111514 A US 6266993 B1	21-04-2000 31-07-2001
DE 19622625	A1	12-12-1996	GB 2301901 A US 5781878 A	18-12-1996 14-07-1998
DE 3115404	A1	11-11-1982	EP 0067931 A2 US 4532013 A	29-12-1982 30-07-1985
EP 1480039	A1	24-11-2004	JP 4252359 B2 JP 2004333374 A US 2004221641 A1	08-04-2009 25-11-2004 11-11-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2010/059251

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D41/14 F02D41/26
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F02D G01N

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internat

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 198 45 927 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13. April 2000 (2000-04-13) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,3	1,2, 15-17
X	DE 196 22 625 A1 (NIPPON DENSO CO [JP]) 12. Dezember 1996 (1996-12-12) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,3,14,15,16	1-3 6-8
Y	DE 31 15 404 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 11. November 1982 (1982-11-11) * Zusammenfassung; Abbildungen 3,4 Seiten 15-16	6-8
A	EP 1 480 039 A1 (DENSO CORP [JP]) 24. November 2004 (2004-11-24) Absätze [0068], [0069], [0 78] - [0083]	1-17

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
17. September 2010	24/09/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Röttger, Klaus
--	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/059251

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19845927	A1	13-04-2000	JP	2000111514 A	21-04-2000
			US	6266993 B1	31-07-2001
DE 19622625	A1	12-12-1996	GB	2301901 A	18-12-1996
			US	5781878 A	14-07-1998
DE 3115404	A1	11-11-1982	EP	0067931 A2	29-12-1982
			US	4532013 A	30-07-1985
EP 1480039	A1	24-11-2004	JP	4252359 B2	08-04-2009
			JP	2004333374 A	25-11-2004
			US	2004221641 A1	11-11-2004