

(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  
1. November 2012 (01.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/146513 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
F02P 19/02 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/057041
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
18. April 2012 (18.04.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2011 017 814.7  
29. April 2011 (29.04.2011) 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):** KAPPELMANN, Peter [DE/DE]; Gietmannstr. 31, 70565 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, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

(84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, RS, 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)

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING A TEMPERATURE OF A PENCIL GLOW PLUG DURING OPERATION IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG EINER TEMPERATUR EINER GLÜHSTIFTKERZE BEI EINEM BETRIEB IN EINER BRENNKRAFTMASCHINE

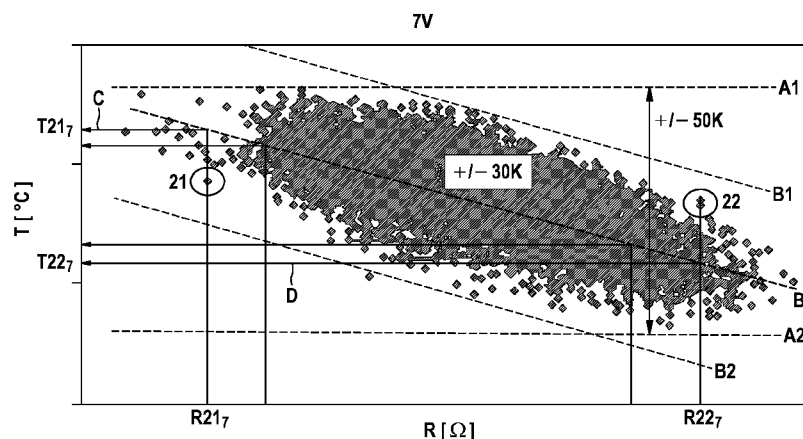


Fig. 2

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for determining the temperature of a pencil glow plug during operation in an internal combustion engine, wherein a temperature-resistance reference correlation (B, F) is determined. In order to reduce the tolerance range of a pencil glow plug, a calibration step is carried out after installing the pencil glow plug (21, 22, 23, 24) in the internal combustion engine, during which step the temperature-resistance reference correlation (B, F) determined before the pencil-type glow plug (21, 22, 23, 24) was installed in the internal combustion engine is used to determine a pencil glow plug specific temperature-resistance correction (II; III), from which the temperature of the pencil glow plug (21, 22, 23, 24) during the operation of the internal combustion engine is determined.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/146513 A1



---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Temperatur einer Glühstiftkerze bei einem Betrieb in einer Brennkraftmaschine, wobei eine Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation (B, F) bestimmt wird. Um den Toleranzbereich einer Glühstiftkerze zu verkleinern, wird nach dem Einbau der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) in die Brennkraftmaschine ein Kalibrierschritt durchgeführt, bei welchem mittels der, vor dem Einbau der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) in die Brennkraftmaschine bestimmten Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation (B, F) eine glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation (II; III) ermittelt wird, aus welcher die Temperatur der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) während des Betriebes des Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) in der Brennkraftmaschine bestimmt wird.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung einer Temperatur einer Glühstiftkerze bei einem Betrieb in einer Brennkraftmaschine

10

Stand der Technik

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Temperatur einer Glühstiftkerze bei einem Betrieb in einer Brennkraftmaschine, wobei eine Temperaturwiderstands-Referenzkorrelation bestimmt wird, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

20

Glühstiftkerzen, welche in einer Brennkraftmaschine zur Anwendung kommen, haben produktionstechnisch für eine Nominalspannung eine vorgegebene Toleranz der an der Glühstiftkerze einzustellenden Temperatur. So wird beispielsweise für eine Keramikglühstiftkerze bei einer Nominalspannung von 7 Volt, mit welcher die Glühstiftkerze angesteuert wird, eine Temperatur von 1.200° C als Glühtemperatur angegeben, welche eine Toleranz von +/- 50 K zulässt. Das bedeutet, dass die maximale Temperatur der Glühstiftkerze 1.250° C nicht überschreiten darf. Werden Steuergeräte, welche die Glühstiftkerzen in der Brennkraftmaschine ansteuern, appliziert, so muss dabei beachtet werden, dass es Abweichungen zu der gewünschten Temperatur von beispielsweise 1.200° C geben kann. Da das Steuergerät während des Betriebes der Glühstiftkerzen in der Brennkraftmaschine auf sich ändernde Toleranzen nicht reagieren kann, muss die maximale Glühstiftkerzentemperatur von 1200 °C fest im Steuergerät vorgegeben werden.

30

35

Aus der DE 10 2008 040 971 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regeln der Temperatur von Glühstiftkerzen in einer Brennkraftmaschine bekannt, bei welchem in einem Referenzbetrieb der Brennkraftmaschine ein mathematischer Zusammenhang zwischen gemessenen Temperaturen und gemessenen

Widerständen wenigstens einer Glühstiftkerze gebildet wird, wobei sich die Widerstände aus einer tatsächlich anliegenden Spannung und einem tatsächlichen Stromfluss an dieser Glühstiftkerze ergeben und dieser mathematische Zusammenhang über die gesamte Lebensdauer der Kerze dynamisch angepasst und im gesamten Betrieb der Brennkraftmaschine herangezogen wird. Bei diesem Verfahren müssen zur verbesserten Applikationsgüte die sich ändernden Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine berücksichtigt werden. Dies erschwert die Applikation des Steuergerätes für die verbaute Glühstiftkerze, da große Toleranzen beim Einsatz der Glühstiftkerze in der Brennkraftmaschine berücksichtigt werden müssen.

#### Offenbarung der Erfindung

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Bestimmung einer Temperatur einer Glühstiftkerze bei einem Betrieb in einer Brennkraftmaschine anzugeben, bei welchem bei der Applikation von Steuergeräten, die die Glühstiftkerze während des Betriebes der Brennkraftmaschine ansteuern, die tatsächlichen Toleranzen der Glühstiftkerze berücksichtigt werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass nach dem Einbau der Glühstiftkerze in die Brennkraftmaschine ein Kalibrierschritt durchgeführt wird, bei welchem mittels der, vor dem Einbau der Glühstiftkerze in die Brennkraftmaschine bestimmten Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation eine glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation ermittelt wird, aus welcher die Temperatur der Glühstiftkerze während des Betriebes der Glühstiftkerze in der Brennkraftmaschine bestimmt wird. Dies hat den Vorteil, dass eine höhere Maximaltemperatur der Glühstiftkerze in dem Steuergerät appliziert werden kann. Durch die höhere, im Steuergerät zu applizierende Kerzentemperatur wird ein besseres Startverhalten und/oder ein ruhigerer Leerlauf der Brennkraftmaschine erzielt. Darüber hinaus ist eine Verringerung der Emission der Brennkraftmaschine möglich.

In einer besonders einfachen und kostenneutralen Ausführungsform wird während des Kalibrierschrittes bei Anlegen einer ersten Spannung an der Glühstiftkerze ein erster Widerstand der Glühstiftkerze ermittelt, welchem aus der Tempe-

ratur- Widerstands-Referenzkorrelation eine erste Temperatur zugeordnet wird, wobei aus diesem ersten Temperatur-Widerstands- Wertepaares die glühstiftkerzenspezifische Temperatur- Widerstands-Korrelation gebildet wird. Dadurch wird die tatsächliche Temperatur der Glühstiftkerze ohne direkte Temperaturmessung ermittelt, was den Messaufbau an den Glühstiftkerzen verringert.

Vorteilhafterweise wird bei einer zweiten, an der derselben Glühstiftkerze anliegenden Spannung ein zweiter Widerstand gemessen, dem aus einer zweiten Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation eine zweite Temperatur zugeordnet wird, wobei aus den so bestimmten ersten Wertepaar des ersten gemessenen Widerstands und der zugeordneten ersten Temperatur sowie des zweiten Wertepaares des zweiten gemessenen Widerstandes und der zugeordneten zweiten Temperatur die glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation gebildet wird. Aufgrund des Vorhandenseins von zwei Temperatur-Widerstands-Wertepaaren lässt sich die glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation einfach in Form einer Geraden ermitteln, die eine zuverlässige Bestimmung der tatsächlichen Betriebstemperatur der Glühstiftkerze erlaubt, woraus bei der weiteren Verarbeitung innerhalb des Steuergerätes eine zuverlässige Steuerung bzw. Regelung der Glühstiftkerze resultiert.

In einer Ausgestaltung wird die Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation als Mittelwert über einen Glühstiftkerzenwiderstand aus einer Mehrzahl, mit unterschiedlichen Fertigungstoleranzen behafteter Glühstiftkerzen eines Glühstiftkerzentyps nach deren Herstellung bestimmt. Aufgrund der Auswertung der Temperatur-Widerstands-Werte einer Vielzahl von Glühstiftkerzen eines Glühstiftkerzentyps einer Produktionscharge wird aus den bekannten Mittelwerten eine besonders hohe Zuverlässigkeit bei der Bestimmung des Toleranzbandes der glühstiftkerzenindividuellen Temperatur-Widerstands-Korrelation gewährleistet. Auf Referenzmessungen während des Betriebes der Glühstiftkerzen in der Brennkraftmaschine kann verzichtet werden, wodurch auch eine nachteilige Beeinflussung der Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation durch den aktuellen Betriebszustand der Brennkraftmaschine unterbunden wird.

In einer Variante ist die Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation als Referenzkennlinie, vorzugsweise Referenzgeraden, ausgebildet, welche mit einem

Toleranzband versehen wird, das dieselbe Steigung aufweist wie die Referenzkennlinie. Die Streuung der Temperatur der Glühstiftkerze um diese als Mittelwertkurve ausgebildete Referenzkennlinie in Abhängigkeit des Glühstiftkerzenwiderstandes ist geringer als bei der Verwendung der, in den technischen Kundenunterlagen angegebenen Werte von +/- 50 K. Dadurch wird die Toleranz für jede  
5 Glühstiftkerze verringert. Wird eine Nominalspannung an die Glühstiftkerze angelegt und der Widerstand gemessen, so kann mit Hilfe der Referenzkennlinie eine Temperatur bestimmt werden, die mit einer geringeren Toleranz behaftet ist.

In einer Weiterbildung wird die Referenzkennlinie einmalig für jeden Glühstiftkerzentyp ermittelt und abgespeichert. Dabei ist die Toleranz der Referenzkennlinie lediglich von dem Glühstiftkerzentyp abhängig. Auf eine Berücksichtigung der Betriebsabläufe der Brennkraftmaschine bei der Toleranzbestimmung für jede  
10 einzelne Glühstiftkerze, welche nur bei dem Einsatz der Glühstiftkerze in der Brennkraftmaschine bestimmt werden kann, kann somit verzichtet werden. Dadurch vereinfacht sich nicht nur das Verfahren der Kalibrierung der Glühstiftkerze, sondern es wird auch die Genauigkeit bei der Bestimmung der tatsächlichen Betriebstemperatur der Glühstiftkerze verbessert. Die Toleranzbreite bei der maximalen Temperatur, welche die Glühstiftkerze aufweisen darf, wird somit eingeschränkt und eine höhere Maximaltemperatur der Glühstiftkerze kann in das  
15 Steuergerät appliziert werden. Darüber hinaus wird die nur ein einziges Mal ermittelte Temperatur-Widerstands –Referenzkorrelation für alle Glühstiftkerzen derselben Produktionscharge verwendet. Die Ermittlung von Einzelreferenzen für jede Glühstiftkerze entfällt.

Vorteilhafterweise wird der erste Kalibrierschritt der Glühstiftkerzen in einer Bandende-Fertigung eines Kraftfahrzeuges ausgeführt. Damit wird sichergestellt, dass die in der Brennkraftmaschine verbauten Glühstiftkerzen bei Inbetriebnahme des Fahrzeuges bereits kalibriert sind.  
25

In einer weiteren Ausführungsform wird der Kalibrierschritt zur Bestimmung der glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation in einer Nachlaufphase eines, die Brennkraftmaschine steuernden und/oder regelnden Steuergerätes ausgeführt. Da in der Nachlaufphase des Steuergerätes noch definierte und reproduzierbare Motorbetriebszustände vorliegen, kann somit eine hoch-  
30  
35

genaue Kalibrierung erfolgen, da auf die gegebenen Betriebszustände der Brennkraftmaschine zurückgegriffen werden kann.

5 Vorteilhafterweise wird der Kalibrierschritt zur Bestimmung der glühstiftkerzen-spezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation mehrfach wiederholt. Durch die wiederholte Kalibrierungsmessung während der Lebensdauer der Glühstiftkerze in der Brennkraftmaschine werden die Alterungserscheinungen an der Glühstiftkerze in der glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation berücksichtigt und somit die Genauigkeit bei der Bestimmung der tatsächlichen Glühstemperatur der Glühstiftkerze erhöht.

10 Um den Alterungsprozess der Glühstiftkerze über deren Lebensdauer zu berücksichtigen, erfolgt eine Häufigkeit der Wiederholung des Kalibrierschrittes zur Bestimmung der glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation in Abhängigkeit von einer Anzahl der stattgefundenen Glühungen und/oder der Glühintensitäten und/oder der Glühdauern der Glühstiftkerze. Damit wird die Genauigkeit der Kalibrierung während des Einsatzes in der Brennkraftmaschine durch einen mehrfachen Abgleich der Glühstiftkerze verbessert.

20 Alternativ erfolgt die Bestimmung der glühstiftkerzenindividuellen Temperatur-Widerstands-Korrelation nach einem Austausch der Glühstiftkerze. Dabei wird sichergestellt, dass dem nachfolgenden Steuer- und/oder Regelungsprozess der Glühstiftkerze immer die tatsächliche Temperatur der Glühstiftkerze zu Grunde liegt.

25 Um zuverlässige und repräsentative Widerstandswerte der Glühstiftkerze zu erhalten, erfolgt die Messung des ersten bzw. zweiten Widerstandes nach Ausbildung eines stationären Temperaturverlaufes innerhalb der Glühstiftkerze nach dem Anlegen der ersten bzw. zweiten Spannung. Damit wird gewährleistet, dass vor der Messung die Glühstiftkerze gleichmäßig durchgeglüht ist und keine instationäre Temperaturverteilung den Messvorgang verfälscht.

30 Eine Weiterbildung der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung der Temperatur einer Glühstiftkerze bei einem Betrieb in einer Brennkraftmaschine, umfassend eine Verarbeitungseinheit, welche mit einer Speichereinheit verbun-

35

den ist, wobei in der Speichereinheit eine Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation abgespeichert ist. Um die Toleranzbreite der maximal zulässigen Temperatur der Glühstiftkerze bei der Applikation innerhalb eines Steuergerätes zu verringern, führt die Verarbeitungseinheit nach dem Einsatz der Glühstiftkerze in die Brennkraftmaschine einen Kalibrierschritt aus, bei welchem mittels der, vor dem Einsatz der Glühstiftkerze in die Brennkraftmaschine bestimmten Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation eine glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation ermittelt und aus der in der Speichereinheit abgespeicherten, glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation die Verarbeitungseinheit während des Betriebes der Glühstiftkerze in der Brennkraftmaschine die Temperatur der Glühstiftkerze bestimmt. Dies hat den Vorteil, dass eine höhere Maximaltemperatur der Glühstiftkerze in dem Steuergerät appliziert werden kann. Durch die höhere, im Steuergerät zu applizierende Glühstiftkerzentemperatur wird ein besseres Startverhalten und/oder ein ruhigerer Leerlauf der Brennkraftmaschine erzielt. Darüber hinaus ist eine Verringerung der Emission der Brennkraftmaschine möglich.

Vorteilhafterweise ist die, eine erste Spannung an die Glühstiftkerze anlegende Verarbeitungseinheit mit einem Stromsensor verbunden, welcher ein erstes Stromsignal an die Verarbeitungseinheit leitet, welche aus diesem ersten Stromsignal einen ersten Widerstandswert bestimmt und diesem ersten Widerstandswert aus der abgespeicherten Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation einen ersten Temperaturwert zuordnet und anschließend eine zweite Spannung an die Glühstiftkerze anlegt, wobei der Stromsensor der Verarbeitungseinheit ein zweites Stromsignal liefert, aus welchem die Verarbeitungseinheit einen zweiten Widerstandswert ermittelt, welchem ein zweiter Temperaturwert aus der Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation zugeordnet wird, wobei die Verarbeitungseinheit aus dem ersten Temperatur-Widerstands-Wertepaar und dem zweiten Temperatur-Widerstands-Wertepaar die glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation bestimmt. Somit wird die Bestimmung der glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation mit einer an sich vorhandenen Hardware ausgeführt, wodurch ein kostengünstiges Verfahren ermöglicht wird. Aufgrund des Vorhandenseins von zwei Temperatur-Widerstands-Wertepaaren lässt sich die glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation einfach in Form einer Geraden ermitteln, die bei der weiteren Verar-

beutung innerhalb des Steuergerätes eine zuverlässige Steuerung bzw. Regelung der Glühstiftkerze gewährleistet. Dabei erfolgt eine zuverlässige Bestimmung der tatsächlichen Betriebstemperatur der Glühstiftkerze.

5

Die Erfindung lässt zahlreiche Ausführungsformen zu. Eine davon soll anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren näher erläutert werden.

Es zeigt:

10

Fig. 1: Prinzipdarstellung eines Glühsystems in einem Kraftfahrzeug

Fig. 2: Temperatur-Widerstands-Verhalten einer Produktionscharge von Glühstiftkerzen eines Glühstiftkerzentyps bei einer Nominalspannung von 7 Volt

15

Fig. 3: Temperatur-Widerstands-Verhalten einer Produktionscharge von Glühstiftkerzen des Glühstiftkerzentyps gemäß Fig. 2 bei einer Nominalspannung von 4 Volt

20

Fig. 4 glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation einzelner Glühstiftkerzen.

Gleiche Merkmale sind mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

25

Kalte Verbrennungsmotoren, insbesondere Dieselmotoren, benötigen bei Umgebungstemperaturen von  $< 40^{\circ} \text{C}$  eine Starthilfe zur Zündung des in der Brennkraftmaschine eingeleiteten Kraftstoff-Luft-Gemisches. Als Starthilfe werden Glühsysteme eingesetzt, welche aus Glühstiftkerzen, einem Glühzeitsteuergerät und einer Glühsoftware, die in einem Motorsteuergerät oder dem Glühzeitsteuergerät abgelegt ist, besteht. Außerdem werden Glühsysteme auch zur Verbesserung der Emission des Fahrzeuges benutzt. Weitere Einsatzgebiete des Glühsystems bestehen im Brennerabgassystem, bei der Standheizung, bei der Vorwärmung von Kraftstoff oder der Vorwärmung des Kühlwassers.

35

Fig. 1 zeigt ein solches Glühsystem, bei welchem mehrere Glühstiftkerzen 21 bis 24 vorhanden sind, wobei jede Glühstiftkerze 21 bis 24 in jeweils einem nicht weiter dargestellten Zylinder eines Brennraumes der Brennkraftmaschine hineinragt. Die Glühstiftkerzen 21 bis 24 sind identisch aufgebaut und stellen übliche  
5 Niederspannungs-Glühstiftkerzen dar. In Fig. 1 sind die Glühstiftkerzen 21 bis 24 der Einfachheit halber als Ersatzwiderstand dargestellt, welche an die Masse 3 der Brennkraftmaschine führen.

Die Glühstiftkerzen 21 bis 24 sind mit einem Glühzeitsteuergerät 4 verbunden,  
10 welches für jede Glühstiftkerze 21 bis 24 einen Leistungshalbleiter 51 bis 54 aufweist. Das Glühzeitsteuergerät 4 umfasst einen Mikrocontroller 4a zur Verarbeitung ein- und ausgehender Signale. Weiterhin ist eine Bordnetzspannung 6 mit dem Glühzeitsteuergerät 4 verbunden, welche die Glühstiftkerzen 21 bis 24 über die Leistungshalbleiter 51 bis 54 mit der erforderlichen Nominalspannung ver-  
15 sorgt. Das Glühzeitsteuergerät 4 führt an ein Motorsteuergerät 7, welches wiederum mit der nicht weiter dargestellten Brennkraftmaschine verbunden ist. Das Motorsteuergerät 7 und das Glühzeitsteuergerät 4 weisen eine Schnittstelle auf. Diese Schnittstelle kann sowohl aus einer Eindraht- als auch einer Zweidrahtver-  
20 bindung 10, 11 bestehen. Über diese Schnittstelle werden Daten zwischen dem Motorsteuergerät 7 und dem Glühzeitsteuergerät 4 ausgetauscht, wobei darüber sowohl die Ansteuerung des Glühzeitsteuergerätes 4 erfolgt als auch die Diagnosekommunikation.

Das Glühzeitsteuergerät 4 gibt über die Leistungshalbleiter 51 bis 54 an die  
25 Glühstiftkerzen 21 bis 24 ein pulswidenmoduliertes Ausgangssignal (PWM-Signal) ab, welches an der jeweiligen Glühstiftkerze 21 bis 24 die erforderliche Glühstiftkerzensteuerspannung einstellt. Durch Wahl des Tastverhältnisses (d.h. des Verhältnisses von Einschalt- zu Ausschaltzeiten des PWM Signals) kann unter Berücksichtigung der Spannung die durch das PWM Signal durchgeschaltet  
30 wird die gewünschte Effektivspannung an der Glühkerze (Glühstiftkerzensteuerspannung) realisiert werden. Dabei kann auch die zur Verfügung stehende Batteriespannung des Kraftfahrzeugs berücksichtigt werden. Das Glühzeitsteuergerät 4 umfasst dabei eine Speichereinheit 12. Zur Messung des durch jede  
35 Glühstiftkerze 21 bis 24 fließenden Stromes, der dem Mikrocontroller 4a zugeleitet wird, dient der, der Glühstiftkerze 21 bis 24 zugeordnete Leistungshalbleiter

51 bis 54, der vorteilhafterweise als Smart-Feldeffekt-Transistor ausgebildet ist, welcher ein PWM-Signal erzeugt und gleichzeitig den Strom misst. Der Mikrocontroller 4a bestimmt daraus den entsprechenden Widerstandswert der Glühstiftkerze 21 bis 24. Alternativ können anstelle eines Smart-Feldeffekt-Transistors auch ein MOSFET und ein Shunt verwendet werden.

Um nun für eine einzelne Glühstiftkerze 21, 22, 23, 24 eine genaue Ansteuerung durch das Glühzeitsteuergerät 4 zu gewährleisten, muss die maximale Glühtemperatur, welche während des Betriebes in der Brennkraftmaschine an je einer Glühstiftkerze 21 bis 24 anliegt, ermittelt werden. Dabei werden in einem ersten Schritt alle Glühstiftkerzen einer Produktionscharge eines Glühstiftkerzentyps nach der Produktion ausgewertet. Für jede einzelne Glühstiftkerze wird am Bandende der Glühstiftkerzenfertigung eine Nominalspannung an jede Glühstiftkerze angelegt. Nach einer gewissen Zeit werden der Strom und die Temperatur der Glühstiftkerze ermittelt. Aus dem gemessenen Strom wird der Widerstand ermittelt. Glühstiftkerzen, die nicht in der Toleranz liegen, werden aussortiert.

In Fig. 2 ist eine Wolke von Messwerten für eine Vielzahl von Keramik-Glühstiftkerzen nach der Produktion dargestellt, die mit einer Nominalspannung von 7 Volt beaufschlagt wurden. Die einzelnen Punkte charakterisieren dabei die einzelnen Glühstiftkerzen, wobei die ermittelte maximale Glühtemperatur der Glühstiftkerzen eine Toleranz von  $1.200^{\circ}\text{C} \pm 50\text{K}$  einschließt. Dieses Toleranzband ist durch die Linien A1 und A2 dargestellt, welche die Wolke der Messwerte der einzelnen Glühstiftkerzen umfasst.

Aus dieser Wolke der Messwerte der Glühstiftkerzen wird eine Mittelwertkurve B über den Glühstiftkerzenwiderstand R ermittelt, wobei für die Glühstiftkerzen mit demselben Widerstand die Temperaturen gemittelt werden. Daraus ergibt sich die erste Mittelwertkurve B in Form einer Geraden. Um diese Mittelwertkurve B werden Toleranzbänder, die ebenfalls von Geraden begrenzt werden, gelegt, die dieselbe Steigung aufweisen, wie die als Gerade verlaufende Mittelwertkurve B. Die Toleranzbänder verlaufen somit parallel mit einer konstanten Breite zu der Mittelwertkurve B und sind durch die gestrichelten Geraden B1 und B2 gekennzeichnet. Die Streuung der Temperatur der einzelnen Glühstiftkerzen der Produktionscharge um diese Mittelwertkurve B in Abhängigkeit des Glühstiftkerzenwi-

derstandes R beträgt bei den Toleranzbändern B1 und B2 nur noch +/- 30 K. Dies bedeutet, dass nach Anlegen der Nominalspannung von 7 Volt ein Widerstand R gemessen wird, dem mit Hilfe dieser Mittelwertkurve B eine Temperatur zugeordnet werden kann, die mit einer Toleranz von +/- 30 K die maximale Temperatur der verwendeten ausgemessenen Glühstiftkerze wiedergibt. Die Mittelwertkurve B bildet dabei eine Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation.

Anschließend wird an die Keramikglühstiftkerzen eine zweite Nominalspannung von 4 V angelegt, wobei aus der Wolke der Messwerte eine zweite Mittelwertkurve F bestimmt wird, die ebenfalls eine Gerade darstellt und von dem Toleranzband F1, F2 umschlossen ist. Auch bei dieser zweiten Mittelwertkurve F beträgt die Toleranz der maximalen Glühtemperatur der Glühkerze +/- 30 K.

Nach der Ermittlung der beiden Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelationen B, F werden diese in einem zweiten Schritt in dem Speicher 12 des Glühzeitsteuergerätes 4 einmalig fest abgespeichert. Zeitgleich werden die Glühstiftkerzen 21 bis 24, welche aus der, nach der Herstellung ausgemessenen Produktionscharge entnommen wurden, in die Brennkraftmaschine verbaut.

Danach erfolgt ein erster Kalibrierschritt der Glühstiftkerzen 21 bis 24, welcher am Bandende der Fahrzeugfertigung während eines Nachlaufes des Glühzeitsteuergerätes stattfindet. Ein solcher Nachlauf erfolgt immer nach einem Abschalten der Brennkraftmaschine. Dabei wird dieselbe Schnittstelle des Glühzeitsteuergerätes genutzt wie bei der Aktivierung der Kalibrierung durch einen Werkstatttester.

Die Positionierung dieser Kalibrierungsmessung während des Nachlaufes ist wichtig, da hier definierte und reproduzierbare Motorbetriebszustände vorliegen. Die Häufigkeit der Kalibrierungsmessung während der Nutzung des Kraftfahrzeuges hängt von der Anzahl der gefahrenen Kilometer des Kraftfahrzeuges, der Häufigkeit der stattgefundenen Glühungen der Glühstiftkerze, der Glühintensitäten der Glühstiftkerze und den Glühdauern der Glühstiftkerze ab. Ebenso findet diese Kalibrierung beim Tausch der Glühstiftkerze statt, wo diese entweder durch einen Werkstatttester aktiviert wird oder selbständig durch eine Funktion des Glühzeitsteuergerätes, die den Kerzenaustausch detektiert.

Der Kalibrierschritt soll nun näher am Beispiel der beiden aus der Produktionscharge ausgewählten Glühstiftkerzen 21 und 22 verdeutlicht werden. Mittels einer Strommessung ermittelt das Glühzeitsteuergerät 4 die der Glühstiftkerze 21 bzw. 22 entsprechenden Widerstandswerte. Beim Anlegen einer ersten Nominalspannung von 7 V wird für die erste Glühstiftkerze 21, welche in den Fig. 2 und 3 durch den Punkt 21 dargestellt ist, ein Widerstand  $R_{21_7}$  gemessen. Dieser Widerstand  $R_{21_7}$  wird in Fig. 2 auf die Mittelwertkurve B verlängert und ausgehend von dem Schnittpunkt des Widerstandswertes  $R_{21_7}$  mit dieser Mittelwertkurve B die zugehörige Temperatur  $T_{21_7}$  der Glühstiftkerze 21 ermittelt, was durch die Linie C in Fig. 2 gekennzeichnet ist. Dieses erste Wertepaar  $R_{21_7}; T_{21_7}$  stellt einen ersten Ausgangspunkt für die Erstellung der glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation II der Glühstiftkerze 21 dar.

Die zweite Glühstiftkerze 22 ist in den Fig. 2 und 3 durch den Punkt 22 charakterisiert. Bei dieser Glühstiftkerze 22 wird nach dem Anlegen der Nominalspannung von 7 Volt ein Widerstand  $R_{22_7}$  gemessen. Auch dieser Widerstandswert  $R_{22_7}$  wird auf die Mittelwertkurve B verschoben und ausgehend von dem Schnittpunkt der Mittelwertkurve B mit dem Widerstandswert  $R_{22_7}$  wird die maximale Glühtemperatur  $T_{22_7}$  der Glühstiftkerze 22 ermittelt, was durch die Linie D angedeutet ist. Dieses Wertepaar  $R_{22_7}, T_{22_7}$  wird als Ausgangspunkt der zweiten glühkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation III der zweiten Glühstiftkerze 22 herangezogen.

In Fig. 3 sind die Temperatur-Widerstands-Werte der Produktionscharge ausgemessen, welche vor dem Einbau in eine Brennkraftmaschine bei einer Nominalspannung von 4 Volt betrieben wurden. Aufgrund dieser geringeren Nominalspannung von 4 V liegen die Widerstands- und Temperaturniveaus niedriger als in Fig. 2 dargestellt. Wird nun wiederum die Glühstiftkerze 21, welche durch den Punkt 21 charakterisiert ist, herausgegriffen, so wird nach der Ansteuerung mit 4 Volt Nominalspannung der Glühstiftkerze 21 ein Widerstand  $R_{21_4}$  bestimmt. Dieser Widerstand  $R_{21_4}$  wird auf die Mittelwertkurve F verschoben und die zu dem Schnittpunkt gehörende Temperatur  $T_{21_4}$  der Glühstiftkerze 21 ermittelt, was durch die Linie C gekennzeichnet ist. Aus dem bei 4 V Nominalspannung bestimmten Wertepaar  $(R_{21_4}; T_{21_4})$  und dem für die Nominalspannung 7V ermit-

telten Wertepaar ( $R_{21_7}$ ;  $T_{21_7}$ ) wird für die Glühstiftkerze 21 die erste glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation in Form der Geraden II bestimmt, wie diese in Fig. 4 dargestellt ist.

5 Bei der Glühstiftkerze 22, die in Punkt 22 dargestellt ist, wird bei einer Ansteuerung der Glühstiftkerze 22 mit einer Nominalspannung von 4 Volt ein Widerstand  $R_{22_4}$  gemessen. Dieser Widerstand  $R_{22_4}$  ergibt mit Hilfe der zweiten Mittelwertkurve F eine Temperatur  $T_{22_4}$  der Glühstiftkerze 22 (Linie D). Die Wertepaare ( $R_{22_4}$ ;  $T_{22_4}$ ) und ( $R_{22_7}$ ;  $T_{22_7}$ ) ermöglichen die Konstruktion der zweiten glühkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation für die zweite Glühstiftkerze  
10 ze 22, wie diese in Form der Gerade III in Fig. 4 dargestellt ist.

Daraus folgt, dass wenn an eine, in der Brennkraftmaschine verbauten Glühstiftkerze 21, 22 eine beliebige Spannung angelegt wird, aus den Temperatur-  
15 Widerstands-Referenzkorrelationen in Form der Referenzwertkurven B, F die maximale Glühtemperatur der Glühstiftkerze 21, 22 bestimmt werden kann, woraus die glühstiftkerzenspezifische Widerstands-Temperatur-Korrelation für jede Glühstiftkerze 21, 22 ermittelt wird, die in Fig. 4 dargestellt ist. In Fig. 4 ist die glühkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation I für eine sogenannte  
20 „Mittelwertkerze“ dargestellt, welcher einer Glühstiftkerze entspricht, deren Temperatur- Widerstands-Werte bei 7 V Nominalspannung auf der Mittelwertkurve B bzw. bei 4 V Nominalspannung auf der Mittelwertkurve F liegen. Bei der Verwendung der glühkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation I dieser „Mittelwertkerze“ muss von einer Toleranz der Maximaltemperatur von +/-  
25 50 K ausgegangen werden.

Wird jedoch, wie bereits erläutert, der Widerstand R einer Glühstiftkerze 21, 22 bei 7 Volt und bei 4 Volt gemessen und jedem dieser Widerstandswerte ein Temperaturwert zugeordnet, welcher mit Hilfe der Mittelwertkurve B oder F bestimmt wurde, werden Wertepaare gebildet, aus welchen für die jeweils betreffende Glühstiftkerze 21, 22 eine glühstiftkerzenspezifische Temperatur-  
30 Widerstands-Gerade bestimmt wird. Die zu erwartenden Schwankungen um diese Gerade betragen aber nur noch +/- 30 K. Die maximale Temperatur der Glühstiftkerze 21, 22 kann dadurch mit 1.220° C in dem Glühstiftsteuergerät 4, und  
35 somit höher als im Stand der Technik, appliziert werden, da mit der maximalen

Toleranz von +/- 30 K die zulässige Maximaltemperatur von 1.250° C nicht überschritten wird.

5 Diese glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelationen (Gerade II und Gerade III) werden im Speicher 12 des Glühzeitsteuergerätes 4 abgespeichert. Während des Betriebes der Glühstiftkerzen 21, 22 in der Brennkraftmaschine wird eine Spannung, welche an der jeweiligen Glühstiftkerze 21, 22 zur Erzielung eines Spannungswertes angelegt werden muss, einer Steuerung oder Regelung unterworfen. Für die Steuerung oder Regelung ist die Kenntnis  
10 der maximalen Glühtemperatur jeder Glühstiftkerze 21, 22 notwendig. Diese maximale Glühtemperatur wird dabei anhand der, an der jeweiligen Glühstiftkerze gemessenen Widerstandes aus der, zu der Glühstiftkerze 21, 22 zugehörigen, abgespeicherten glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands – Korrelation II oder III ermittelt.

15 Der Kalibrierschritt kann zyklisch wiederholt werden, um die Alterung der Glühstiftkerze 21, 22 in der Brennkraftmaschine zu berücksichtigen.

Dieser, im Zusammenhang mit dem Glühzeitsteuergerät 4 beschriebene Ablauf  
20 kann alternativ aber auch vom Motorsteuergerät 7 durchgeführt werden, wobei der Speicher 12 im Motorsteuergerät 7 angeordnet ist.

Es sei noch darauf verwiesen, dass die Messung der Widerstände nach Anlegen der Nominalspannung von 4 V oder 7 V erst dann erfolgt, wenn sich eine stationäre Temperaturverteilung innerhalb der verwendeten Glühstiftkerze 21, 22  
25 eingestellt hat.

Aufgrund der Erfindung wird die Toleranzbreite der im Kraftfahrzeug verbauten Glühstiftkerze eingeschränkt. Eine höhere, maximale Glühstiftkerzentemperatur kann somit bei der Steuerung bzw. Regelung der Glühstiftkerze im Glühzeitsteuergerät 4 oder Motorsteuergerät 7 appliziert werden. Durch die erhöhte maximale  
30 Glühstiftkerzentemperatur kann ein besseres Startverhalten und ein ruhigerer Motorleerlauf erzielt werden, wobei eine Verringerung der Schadstoffemission gewährleistet wird.

## 5 Ansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Temperatur einer Glühstiftkerze bei einem Betrieb in einer Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Einbau der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) in die Brennkraftmaschine, ein Kalibrierschritt durchgeführt wird, bei welchem mittels einer vorbestimmten Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation (B, F) eine glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation (II; III) ermittelt wird, aus welcher die Temperatur der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) während des Betriebes des Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) in der Brennkraftmaschine bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass während des Kalibrierschrittes bei Anlegen einer ersten Spannung an der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) ein erster Widerstand ( $R_{21_7}$ ;  $R_{22_7}$ ) der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) ermittelt wird, welchem aus einer ersten Temperatur- Widerstands-Referenzkorrelation (B) eine erste Temperatur ( $T_{21_7}$ ;  $T_{22_7}$ ) zugeordnet wird, wobei aus diesem ersten Temperatur-Widerstands- Wertepaar ( $R_{21_7}$ ,  $T_{21_7}$ ;  $R_{22_7}$ ,  $T_{22_7}$ ) die glühstiftkerzenspezifische Temperatur- Widerstands-Korrelation (II, III) gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer zweiten, an der derselben Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) anliegenden Spannung ein zweiter Widerstand ( $R_{21_4}$ ;  $R_{22_4}$ ) gemessen wird, dem aus einer zweiten Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation (F) eine zweite Temperatur ( $T_{21_4}$ ;  $T_{22_4}$ ) zugeordnet wird, wobei aus den so bestimmten ersten Wertepaar ( $R_{21_4}$ ;  $T_{21_4}$ ) des ersten gemessenen Widerstands und der zugeordneten ersten Temperatur sowie des zweiten Wertepaares ( $R_{22_4}$ ;  $T_{22_4}$ ) des zweiten gemessenen Widerstandes und der zugeordneten zweiten Temperatur die glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation (II, III) gebildet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur- Widerstands-Referenzkorrelation (B, F) als Mittelwert über einem Glühstiftkerzenwiderstand aus einer Mehrzahl mit unterschiedlichen Fertigungstoleranzen behafteter Glühstiftkerzen (21, 22, 23, 24) eines Glühstiftkerzentyps nach deren Herstellung bestimmt wird.  
5
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur- Widerstands-Referenzkorrelation als Referenzkennlinie (B, F), vorzugsweise Referenzgerade, ausgebildet ist, welche mit einem Toleranzband (B1, B2; F1, F2) versehen wird, welches dieselbe Steigung aufweist, wie die Referenzkennlinie.  
10
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation (B, F) einmalig für jeden Glühstiftkerzentyp ermittelt und abgespeichert wird.  
15
7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kalibrierschritt der Glühstiftkerzen in einer Bandende-Fertigung eines Kraftfahrzeuges ausgeführt wird.  
20
8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kalibrierschritt zur Bestimmung der glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation (II, III) in einer Nachlaufphase eines, die Brennkraftmaschine steuernden und/oder regelnden Steuergerätes (4, 7) ausgeführt wird.  
25
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Kalibrierschritt zur Bestimmung der glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation (II, III) mehrfach wiederholt wird.  
30
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Häufigkeit der Wiederholung des Kalibrierschrittes zur Bestimmung der glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation (II, III) in Abhängig-

keit von einer Anzahl der stattgefundenen Glühungen und/oder der Glühintensitäten und/oder der Glühdauer der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) erfolgt.

- 5 11. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Kalibrierschritt zur Bestimmung der glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation (II, III) nach einem Austausch der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) erfolgt.
- 10 12. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung des ersten bzw. zweiten Widerstandes ( $R_{21_7}$ ,  $R_{22_7}$ ;  $R_{21_4}$ ,  $R_{22_4}$ ) nach Ausbildung eines stationären Temperaturverlaufes innerhalb der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) nach dem Anlegen der ersten bzw. zweiten Spannung erfolgt.
- 15 13. Vorrichtung zur Bestimmung der Temperatur einer Glühstiftkerze bei einem Betrieb in einer Brennkraftmaschine, umfassend eine Verarbeitungseinheit (4a), welche mit einer Speichereinheit (12) verbunden ist, wobei in der Speichereinheit (12) eine Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation (B, F) abgespeichert ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungseinheit (4a) nach dem Einbau der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) in die Brennkraftmaschine einen Kalibrierschritt ausführt, bei welchem mittels der, vor dem Einbau der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) in die Brennkraftmaschine bestimmten Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation (B, F) eine glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-Korrelation (II, III) ermittelt und
- 20 25 aus der, in der Speichereinheit (12) abgespeicherten glühstiftkerzenspezifischen Temperatur-Widerstands-Korrelation (II, III) die Verarbeitungseinheit (4a) während des Betriebes der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) in der Brennkraftmaschine die Temperatur der Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) bestimmt.
- 30 14. Vorrichtung nach Anspruch 13 dadurch gekennzeichnet, dass die, eine erste Spannung an die Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) anlegende Verarbeitungseinheit (4a) mit einer Strommesseinrichtung (51, 52, 53, 54) verbunden ist, welche ein erstes Stromsignal an die Verarbeitungseinheit (4a) leitet, welche aus diesem ersten Stromsignal einen ersten Widerstandswert ( $R_{21_7}$ ,  $R_{22_7}$ )
- 35 bestimmt und diesem ersten Widerstandswert ( $R_{21_7}$ ,  $R_{22_7}$ ) aus der abge-

speicherten ersten Temperatur-Widerstands-Referenzkorrelation (B) einen ersten Temperaturwert ( $T_{21_7}$ ,  $T_{22_7}$ ) zuordnet und anschließend eine zweite Spannung an die Glühstiftkerze (21, 22, 23, 24) anlegt, wobei die Strom-

5 messeinrichtung (51, 52, 53, 54) der Verarbeitungseinheit (4a) ein zweites Stromsignal liefert, aus welchem die Verarbeitungseinheit (4a) einen zweiten Widerstandswert ( $R_{21_4}$ ,  $R_{22_4}$ ) ermittelt, welchem ein zweiter Temperaturwert ( $T_{21_4}$ ,  $T_{22_4}$ ) aus der abgespeicherten, zweiten Temperatur-Widerstands-

10 Referenzkorrelation (F) zugeordnet wird, wobei die Verarbeitungseinheit (4a) aus dem ersten Temperatur-Widerstands-Wertepaar ( $R_{21_7}$ ,  $T_{21_7}$ ;  $R_{22_7}$ ,  $T_{22_7}$ ) und dem zweiten Temperatur-Widerstands-Wertepaar ( $R_{21_4}$ ,  $T_{21_4}$ ;  $R_{22_4}$ ,  $T_{22_4}$ ) die glühstiftkerzenspezifische Temperatur-Widerstands-

Korrelation (II, III) bestimmt.

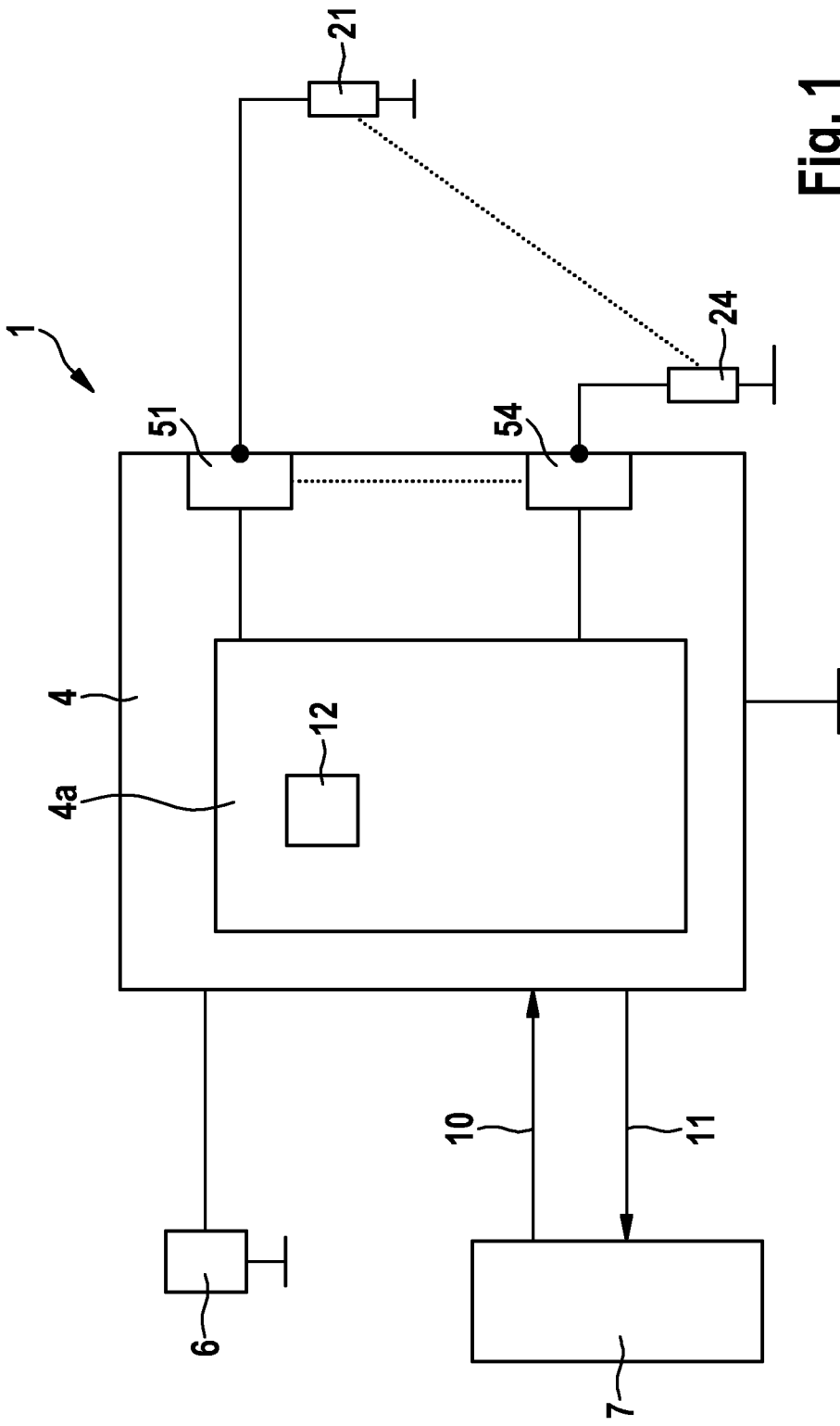


Fig. 1

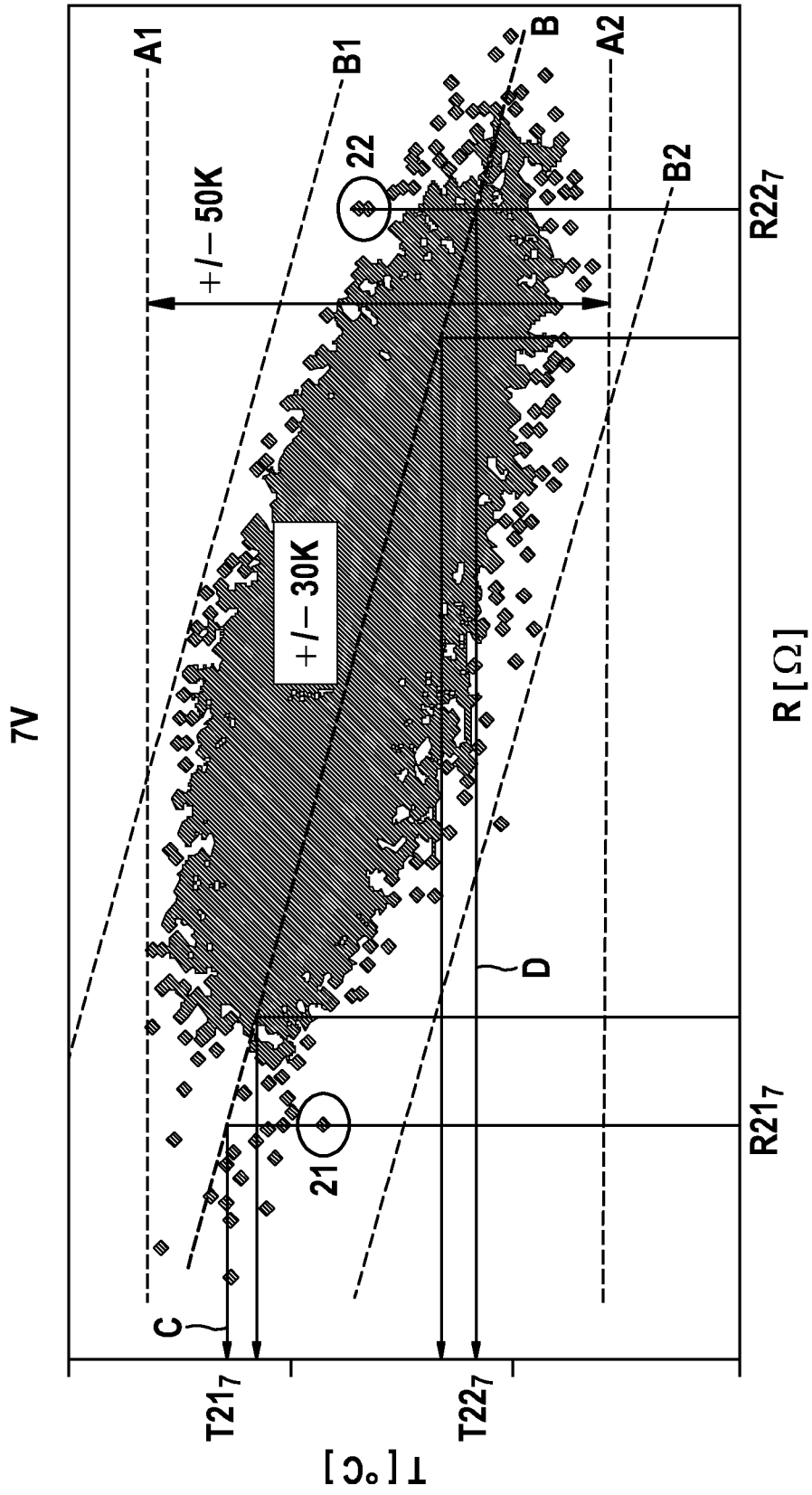


Fig. 2

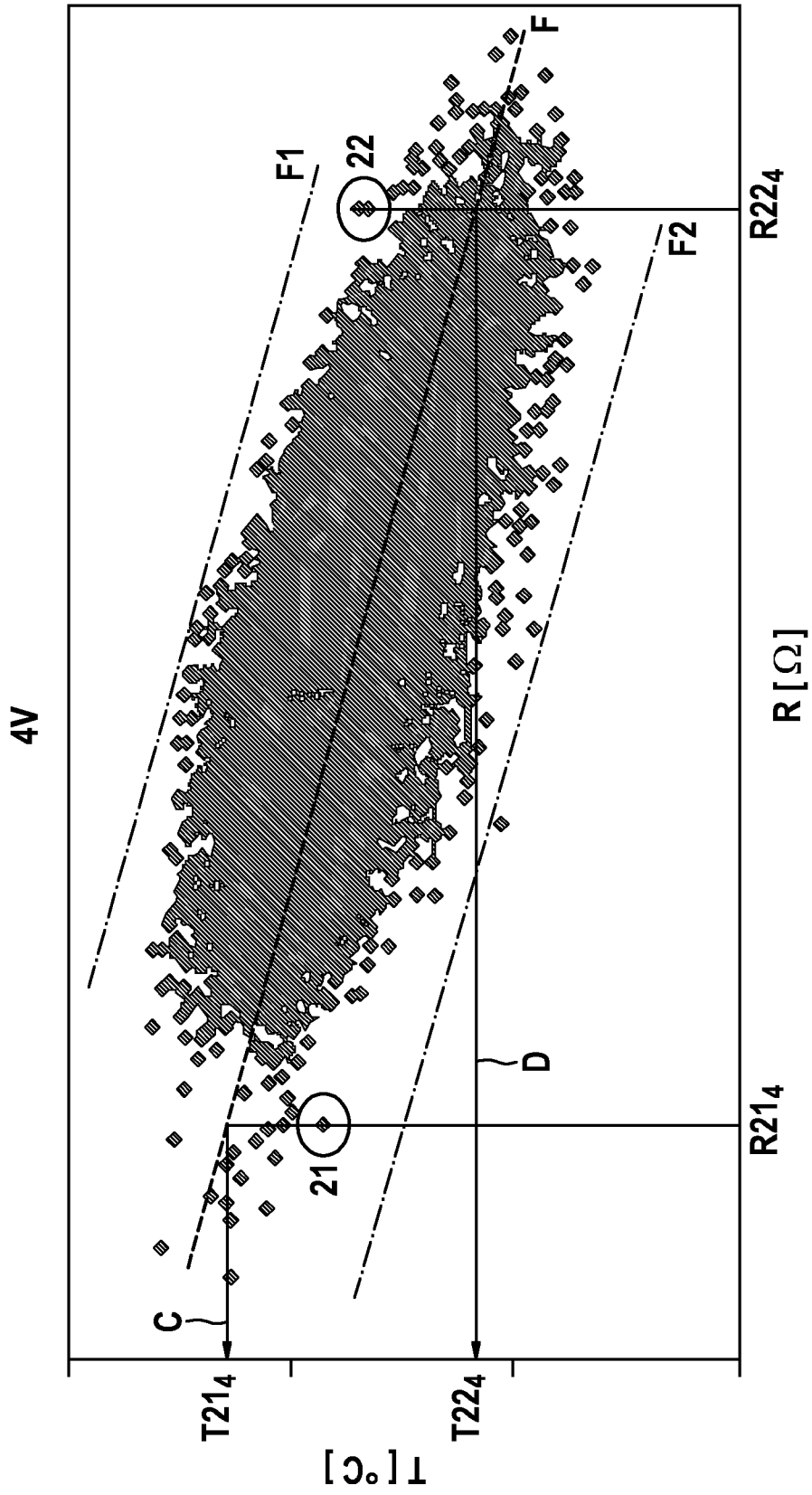


Fig. 3

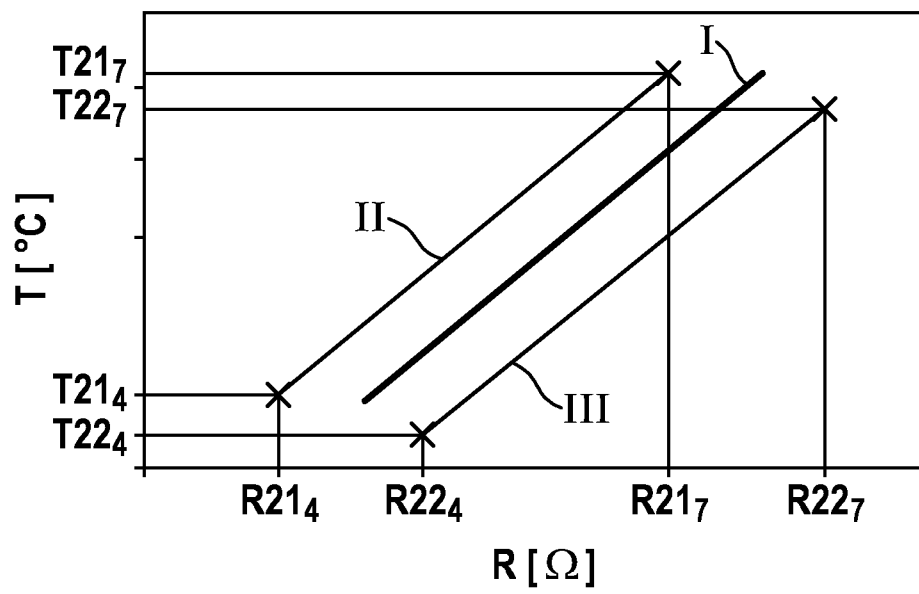


Fig. 4

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2012/057041

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. F02P19/02  
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)  
F02P

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 practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 315 934 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 May 1989 (1989-05-17) abstract; claims 1,6; figure 1 paragraph [0005] paragraph [0010] - paragraph [0012] paragraph [0021]	1,2,13
X	US 2011/000901 A1 (BAUER HANS-PETER [DE] ET AL) 6 January 2011 (2011-01-06) abstract; figures 1,2 paragraph [0013] - paragraph [0016] paragraph [0020] - paragraph [0023]	1,2,4-13
X	EP 2 128 429 A2 (NGK SPARK PLUG CO [JP]) 2 December 2009 (2009-12-02) abstract; claim 1; figures 9-14 paragraph [0164] - paragraph [0180]	1,2,4-6, 13
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  18 July 2012	Date of mailing of the international search report  26/07/2012
---	--

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  Van der Staay, Frank
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/057041

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 38 11 816 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 3 November 1988 (1988-11-03) abstract; figure 6 column 6, line 11 - column 6, line 41 -----	1,2,13

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2012/057041
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 0315934	A1	17-05-1989	EP 0315934 A1	17-05-1989
			ES 2048187 T3	16-03-1994
			JP 1280682 A	10-11-1989
-----				
US 2011000901	A1	06-01-2011	NONE	
-----				
EP 2128429	A2	02-12-2009	EP 2128429 A2	02-12-2009
			JP 2009287496 A	10-12-2009
			US 2009294431 A1	03-12-2009
-----				
DE 3811816	A1	03-11-1988	DE 3811816 A1	03-11-1988
			JP 63266172 A	02-11-1988
			US 4934349 A	19-06-1990
-----				

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. F02P19/02  
 ADD.  
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 F02P

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-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 315 934 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. Mai 1989 (1989-05-17) Zusammenfassung; Ansprüche 1,6; Abbildung 1 Absatz [0005] Absatz [0010] - Absatz [0012] Absatz [0021]	1,2,13
X	US 2011/000901 A1 (BAUER HANS-PETER [DE] ET AL) 6. Januar 2011 (2011-01-06) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Absatz [0013] - Absatz [0016] Absatz [0020] - Absatz [0023]	1,2,4-13
	----- -/--	

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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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
18. Juli 2012	26/07/2012

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  Van der Staay, Frank
--	---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 128 429 A2 (NGK SPARK PLUG CO [JP]) 2. Dezember 2009 (2009-12-02) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 9-14 Absatz [0164] - Absatz [0180] -----	1,2,4-6, 13
X	DE 38 11 816 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 3. November 1988 (1988-11-03) Zusammenfassung; Abbildung 6 Spalte 6, Zeile 11 - Spalte 6, Zeile 41 -----	1,2,13

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/057041

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0315934	A1	17-05-1989	EP 0315934 A1 17-05-1989
			ES 2048187 T3 16-03-1994
			JP 1280682 A 10-11-1989
-----			
US 2011000901	A1	06-01-2011	KEINE
-----			
EP 2128429	A2	02-12-2009	EP 2128429 A2 02-12-2009
			JP 2009287496 A 10-12-2009
			US 2009294431 A1 03-12-2009
-----			
DE 3811816	A1	03-11-1988	DE 3811816 A1 03-11-1988
			JP 63266172 A 02-11-1988
			US 4934349 A 19-06-1990
-----			