(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer : **0 455 256 B1**

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift : **24.08.94 Patentblatt 94/34**

(51) Int. Cl.^{5} : **F23Q 7/00**

(21) Anmeldenummer : **91107216.3**

(22) Anmeldetag : **03.05.91**

(54) **Glühkerze.**

(30) Priorität : **04.05.90 DE 4014356**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung : **06.11.91 Patentblatt 91/45**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung : **24.08.94 Patentblatt 94/34**

(84) Benannte Vertragsstaaten : **AT BE DE ES FR GB IT NL SE**

(56) Entgegenhaltungen :
EP-A- 0 335 382
EP-A- 0 336 625
DE-A- 2 900 984
DE-A- 3 822 693
DE-U- 9 005 085
US-A- 2 898 571

(73) Patentinhaber : **BERU Ruprecht GmbH & Co. KG**
Wernerstrasse 35
D-71636 Ludwigsburg (DE)

(72) Erfinder : **Müller, Helmut, Dipl.-Ing.(FH)**
Besigheimer Strasse 13
W-7122 Besigheim-Ottmarsheim (DE)
Erfinder : **Baeskow, Werner, Dipl.-Ing.(FH)**
Gemmrigheimer Strasse 21
W-7121 Hessigheim (DE)

(74) Vertreter : **WILHELMS, KILIAN & PARTNER**
Patentanwälte
Eduard-Schmid-Strasse 2
D-81541 München (DE)

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Jouve, 18, rue Saint-Denis, 75001 PARIS

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Glühkerze gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Messungen an Dieselkraftfahrzeugen ergaben, daß bei einigen Fahrzuständen die Brennraumtemperatur und dadurch die Glührohrtemperatur unbeheizter (stromloser) Glühkerzen bei ca. 400°C bis 500°C liegt. Da ein zündaussetzungsfreier Betrieb erst bei einer Temperatur ab ca. 850°C erreicht wird, ist bei diesen Fahrzuständen ein schlechtes Abgas- und Geräuschverhalten festzustellen. Es ist daher zweckmäßig, die Glühkerzen zumindest periodisch eingeschaltet zu lassen.

Bei bekannten Stabglühkerzen der eingangs genannten Art (DE-OS 28 02 625, DE-OS 38 25 013) erstreckt sich das drahtwendelförmige Widerstandselement über die gesamte Länge des Glührohres. Diese bekannten Stabglühkerzen benötigen für eine Beharrungstemperatur von ca. 900 bis 1000°C eine elektrische Leistung von mehr als 120 W pro Kerze bei ruhender Luft.

Für den Dauerbetrieb steht eine so hohe elektrische Leistung nicht zur Verfügung, weshalb eine bekannte Glühkerze dieser Art als Dauerglühzündungserreger ausscheidet.

Aus US-A-2 898 571 ergibt sich eine Stabglühkerze der eingangs genannten Art, bei welcher das drahtwendelförmige Widerstandselement im vorderen Teil des Glührohres, aber abgesetzt von der eigentlichen Glührohrspitze angeordnet ist.

EP-A-0 335 382 beschreibt eine Stabglühkerze mit einem massiven Keramik-Heizstab, in dessen vorderem Teil ein U-förmiges Keramik-Heizelement untergebracht ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Glühkerze zu schaffen, deren Glührohr mit geringerer elektrischer Leistung bei laufendem Motor auf eine Temperatur der Größenordnung 850°C beheizt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Glühkerze, wie sie im Patentanspruch 1 gekennzeichnet ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Im folgenden werden Ausführungsformen der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung beschrieben. Auf dieser zeigt

Fig. 1 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Glühkerze,

Fig. 1a eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Glühkerze,

Fig. 2 eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Glühkerze mit Schutzrohr,

Fig. 3 den Ablauf einer Glühkerzensteuerung für einen 4-Zylinder-Motor,

Fig. 4 den Temperaturverlauf an der Glührohroberfläche für eine Glühkerze gemäß Fig. 1,

Fig. 5 das Aufheizverhalten für eine Glühkerze gemäß Fig. 1 und eine bekannte Glühkerze,

Fig. 6 die Glührohrtemperatur bei Motorbetrieb und konstanter Heizleistung im Vergleich erfindungsgemäßer und einer bekannten Glühkerze,

Fig. 7 das Ergebnis einer Abgasvergleichsmessung mit Dauerglühen,

Fig. 8 schematisch den Einbau einer Glühkerze gemäß Fig. 1 in eine Wirbelkammer eines Dieselmotors, und

Fig. 9 schematisch ein Steuergerät, das mit unterschiedlichen Eingangsgrößen versorgt wird.

Fig. 1 zeigt eine Glühkerze 1 mit einem Glühkerzenkörper 3 und einem Glührohr 2, welches an seinem vom Glühkerzenkörper 3 entfernten Ende verschlossen ist. Zur elektrischen Beheizung des Glührohres 2 ist eine Widerstandsdrahtwendel 4, im folgenden Heizwendel genannt, in der Spitze des Glührohres 2, d.h. also konzentriert auf das dem Glühkerzenkörper 3 abgewandte Ende des Glührohres 2, angeordnet. Die Heizwendel 4 besteht aus einem Heizdraht, dessen Widerstand weitgehend unabhängig von der Temperatur ist (z.B. Kanthal). In einer weiteren Ausführungsform kann die Heizwendel 4 ganz oder, wie in Fig. 1a gezeigt, wo die Heizwendel den Teil 4a mit im wesentlichen temperaturunabhängigem Widerstand oder mit einem Widerstand mit schwach positivem oder negativem Temperaturkoeffizienten und den Teil 4b mit stark positivem Temperaturkoeffizienten aufweist (die räumliche Anordnung der Teile 4a und 4b, kann auch vertauscht sein), teilweise aus einem Heizdraht mit Regelcharakteristik bestehen (z.B.: Ni, CoFe, Fe, ...). Hierdurch wird eine gewisse Selbstregelung der Glühkerze erreicht. Wird die Stromstärke in der Heizwendel durch die Steuerelektronik begrenzt, so kann unter der Voraussetzung eines entsprechend temperaturbeständigen Materials für die Heizwendel auch ein einheitlich negativer Temperaturkoeffizient von Vorteil sein.

In jedem Fall ist jedoch die gesamte Heizwendel, also einschließlich desjenigen ggf. vorhandenen Teils derselben, der Regelcharakteristik hat, in der Spitze des Glührohres konzentriert untergebracht.

Dieser Bereich wird auf max. 10 mm, vorzugsweise 4 bis 7 mm, begrenzt und nimmt einen Bereich von weniger als 1/3 der freien Glührohrlänge ein.

Da von der Materialauswahl (spezifischer Widerstand) und von der Wahl des Drahtdurchmessers her Grenzen gesetzt sind, kann diese räumliche Konzentration durch folgende Maßnahmen verbessert werden:

- Verringerung des Windungsabstandes
- Verwendung isolierter (z. B. oberflächenoxidierter) Drähte, die ohne Windungsabstand gewickelt werden können.
- Koaxiale Anordnung mehrerer Wicklungen
- Verringerung des Gesamtwiderstandes

Zur elektrischen Kontaktierung der Heizwendel 4 mit einem Anschlußteil 5, das sich auf der dem Glüh-

rohr 2 abgewandten Seite des Glühkerzenkörpers 3 befindet, ist eine niederohmige Verbindung 6, z.B. aus einem Nickeldraht, vorgesehen, der vorzugsweise gestreckt das Glührohr 2 durchsetzt. Die Heizwendel 4 ist mit Hilfe eines als Granulat ausgebildeten elektrisch isolierenden Materials 7 in dem Glührohr 2 eingebettet. Als Isolationsmaterial wird üblicherweise MgO verwendet. Zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit zwischen Heizwendel 4 und Glührohr 2 kann in diesem Abschnitt des Glührohres ein Isolationsmaterial mit höherer Wärmeleitfähigkeit (z.B. AlN_2) verwendet werden, während im Bereich der niederohmigen Drahtverbindung ein Isolationsmaterial mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit verwendet wird. Die räumliche Ausdehnung der Heizwendel 4 wird bewußt auf die Spitze des Glührohres konzentriert, um das glühende Volumen zu minimieren. Dadurch kann die zum Erreichen einer bestimmten Glühkerzentemperatur aufzubringende elektrische Leistung klein gehalten werden. Diese geringe elektrische Leistung ist Voraussetzung für einen Dauerbetrieb der Glühkerze. Außerdem werden dadurch die Verluste durch Konvektion, Strahlung und Wärmeleitung minimiert.

Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Glühkerze, bei welcher zur weiteren Verringerung der Wärmeverluste bei niedrigeren Temperaturen im Brennraum bzw. der Vorkammer des Motors während der Gaswechselvorgänge ein das Glührohr 2 umgebendes Schutzrohr 9 vorgesehen ist. Im Bereich des Glührohrendes werden an der Spitze und/oder am Umfang des Schutzrohres 9 eine oder mehrere Öffnungen 10 vorgesehen, die dem Kraftstoff-Luftgemisch Zugang zum glühenden Glührohrende ermöglichen, wo das Kraftstoff-Luftgemisch dann gezündet wird. Zusätzlich hat das Schutzrohr 9 noch die Funktion, bei sehr hohen Brennraumtemperaturen eine Überhitzung des beheizten Glührohres zu verhindern. Diese Ausführungsform ist besonders für den Einsatz in Motoren mit sehr hohen Gaswechselgeschwindigkeiten und dadurch hohen Konvektionsverlusten geeignet.

Fig. 3 zeigt schematisch die Ansteuerung der Glühkerzen am Beispiel eines 4-Zylinder-Motors. Ein elektrisches Schaltgerät steuert die einzelnen Glühkerzen, z.B. über Leistungsschalttransistoren, je nach Fahrzeugzustand ein und aus.

Während der Vorglühphase werden alle vier Glühkerzen gleichzeitig betrieben.

Um die Steilheit des Einschaltstromes zu verringern, ist es vorteilhaft, wenn die einzelnen Glühkerzen mit einer geringen zeitlichen Verzögerung nacheinander zugeschaltet werden. Die Dauer der Vorglühphase kann in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern, wie Außentemperatur, Kühlwassertemperatur, Versorgungsspannung, Glühkerzenwiderstand verändert werden. Nach Ablauf der Vorglühzeit werden die Glühkerzen nacheinander getaktet eingeschaltet, so daß eine Überhitzung der Glühkerzen vermieden wird. Die Glühkerzen sind elektrisch so ausgelegt, daß bei einer Einschaltdauer von 25 % bei jedem Fahrzustand die gewünschte Glühkerzentemperatur von z.B. >850°C erreicht wird. Das getaktete aufeinanderfolgende Einschalten der vier Glühkerzen in der Weise, daß die Einschaltphasen lückenlos und ohne Überlapp aneinander anschließen, hat den Vorteil, daß das Bordnetz mit einem nahezu konstanten Strom belastet wird.

Je nach Auslegung der elektrischen Werte der Glühkerzen kann es vorteilhaft sein, nach der Vorglühphase noch eine Zwischenglühphase mit 50 % bzw. 75 % Einschaltdauer einzufügen. Hierbei sind dann jeweils zwei bzw. drei Glühkerzen gleichzeitig beheizt.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Glühkerzen von dem Steuergerät auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft werden und eventuelle Mängel dem Fahrer angezeigt werden. Eine solche Prüfphase kann sowohl vor der Vorglühzeit als auch in den jeweiligen Taktpausen der einzelnen Glühkerzen vorgesehen werden. Wird für die Glühkerzen eine Heizwendel mit temperaturabhängigem Widerstand verwendet, kann zusätzlich die Wendeltemperatur überwacht werden.

In Fig. 4 ist der Temperaturverlauf an der Glührohroberfläche nach einer Aufheizzeit von 30 Sekunden dargestellt. Im Vergleich zur bekannten Glühkerze mit sich über die gesamte Länge des Glührohrs erstreckender Widerstandsdrahtwendel (gestrichelte Linie) ist bei der Glühkerze gemäß Fig. 1 (durchgezogene Linie) das glühende Volumen auf die Glührohrspitze konzentriert; die gesamte elektrische Energie wird im Bereich der Glührohrspitze, wo die Widerstanddrahtwendel konzentriert ist, umgesetzt. Demgegenüber wird bei der bekannten Glühkerze der größte Teil der elektrischen Energie im Bereich des Regelwendelteils der Widerstandsdrahtwendel umgesetzt, der sich über den größeren Teil der Glührohrlänge auf der dem Glühkerzenkörper zugewandten Seite erstreckt. Dieser Teil des Glührohres wird bei der gegenständlichen Glühkerze durch eine niederohmige Rückführung durchmessen. Durch die Verringerung des glühenden Volumens bei der gegenständlichen Glühkerze werden die Wärmeverluste bei Motorbetrieb so gering gehalten, daß mit einer vertretbaren Energie (<50W) die Glührohrspitze eine Temperatur von >850°C annimmt.

Außerdem wird durch die Konzentration der umgesetzten elektrischen Energie in der Glührohrspitze ein schnelleres Aufheizen erreicht, was in Fig. 5 dargestellt ist. In Fig. 5 ist sowohl der Glühstrom über der Zeit als auch die Oberflächentemperatur an der Glührohrspitze dargestellt. Die bekannte Glühkerze (gestrichelte Linie) beginnt mit einer hohen Anfangsstromspitze, die zu der Erwärmung der Regelwendel führt. Durch den steigenden Widerstand der Regelwendel nimmt der Glühstrom ab, und die Regelwendel übernimmt den größten Teil der elektrischen

Energie. Zur Erreichung einer Temperatur von 850°C an der Glührohrspitze werden ca. 6,5 s und zur Erreichung von 950°C ca. 9,5 s benötigt.

Bei der gegenständlichen Glühkerze fließt während der Vorglühzeit ein nahezu konstanter Glühstrom. Die gesamte elektrische Energie wird in der Glührohrspitze umgesetzt und die Temperatur von 850°C in 4,5 s und von 950°C in 5,5 s erreicht. Nach der Vorglühzeit wird die Glühkerze mit einer Einschaltdauer von 25 % betrieben. Dadurch kommt es bei der Temperaturkurve zu einer Temperaturspitze während der Vorglühphase, wonach sich die Temperatur einem konstanten Wert annähert.

Ein Vergleich der bekannten Serienglühkerze und der gegenständlichen Glühkerze (Fig. 6) bei Motorbetrieb mit einer konstanten Heizleistung von ca. 40 W ergab folgendes. Die Serienglühkerze erreichte bei jeder Brennraumtemperatur nur eine geringe Temperaturerhöhung, während die gegenständliche Glühkerze bei jedem Fahrzustand eine Temperatur von >850°C annahm. Bei der Ausführungsform der Glühkerze ohne Schutzrohr gemäß Fig. 1 steigt die Temperatur bei hohen Brennraumtemperaturen auf ca. 1000°C an. Die Glühkerze mit Schutzrohr nach Fig. 2 zeigt über den gesamten Fahrbereich an der Glührohrspitze eine nahezu konstante Temperatur. Das ist auf die abschirmende Wirkung des Schutzrohres zurückzuführen. Hierdurch kann die Lebensdauer der Glühkerze weiter verbessert werden. Bei hohen Brennraumtemperaturen nimmt das Schutzrohr eine höhere Temperatur an und wirkt dadurch als Glühzündungserreger.

Zum Nachweis der Wirkung des Dauerglühens auf den Verbrennungsvorgang wurden Abgasvergleichsmessungen durchgeführt.

In Fig. 7 sind die Abgaswerte bei einem US-Zyklus am Beispiel eines Volkswagen Golf Diesel dargestellt. Hierbei wurde der Serienzustand (ohne Dauerglühen) auf 100 % normiert. Im Vergleich dazu sind die derzeitig gültigen US-Grenzwerte aufgetragen. Die Heizstabtemperatur der Glühkerze gemäß Fig. 1 wurde extern auf 850°C geregelt.

Durch die bessere Verbrennung konnten die Werte für Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO) deutlich verringert werden. Wegen der höheren Verbrennungstemperatur stieg der NO_x-Wert erwartungsgemäß etwas an. Die verbesserten HC- und CO-Werte deuten auf einen zündaussetzerfreien Betrieb hin. Auch die Partikelemissionen wurden durch das Dauerglühen erheblich verbessert, was ebenfalls auf eine bessere Verbrennung schließen läßt.

Da sich durch die heiße Glühkerzenspitze der Zündverzug verkleinert, kann durch einen von Fahrzeugherstellern neu zu bestimmenden Einspritzzeitpunkt mit einer weiteren Abgas- bzw. Partikelverringerung gerechnet werden.

Die Verkürzung des Zündverzuges hat bekanntermaßen eine Verringerung des Verbrennungsgeräusches und des Luftschalls zur Folge.

Man kann erwarten, daß durch das Dauerglühen in Verbindung mit weiteren motorischen Maßnahmen (Brennraumgestaltung, Einspritzzeitpunktregelung) auch ohne Rußfilter zukünftige Partikelgrenzwerte eingehalten werden können.

Fig. 8 Zeigt schematisch den Einbau einer Glühkerze gemäß Fig. 1 in eine Wirbelkammer eines Dieselmotors. Das zentrale Steuergerät erfaßt die verschiedenen Motorparameter und versorgt die Glühkerzen mit einer entsprechenden Heizleistung. Zusätzlich kann dieses Steuergerät noch die Einspritzsteuerung und die Überwachung der Glühkerzen übernehmen.

In Fig. 9 ist schematisch das Steuergerät dargestellt, das mit den unterschiedlichen Eingangsgrößen versorgt wird. Diese Daten werden nach einem vorgegebenen Programm in einem Mikroprozessor verarbeitet, der dann die Leistungsendstufe ansteuert. In einem Speicherbaustein können motorspezifische Daten und Kennfelder gespeichert sein. Zusätzlich führt der Mikroprozessor die Funktionsüberwachung (Diagnose) der Glühkerzen durch und meldet eventuelle Fehler an den Fahrer.

Patentansprüche

1. Glühkerze für eine luftverdichtende Brennkraftmaschine, mit einem Kerzengehäuse (3), mit einer Anschlußvorrichtung (5) für den Glühstrom und mit einem an dem Kerzengehäuse angebrachten Glührohr (2), das an seinem vom Kerzengehäuse abgewandten Ende verschlossen ist, wobei in dem Glührohr (2) ein drahtwendelförmiges Widerstandselement (4) in einem elektrisch isolierenden Material (7) eingebettet vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß das drahtwendelförmige Widerstandselement (4) weniger als ein Drittel der freien Glührohrlänge einnehmend auf den Bereich des vom Kerzengehäuse (3) abgewandten Endes des Glührohres (2) konzentriert ist.

2. Glühkerze nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Widerstandselement (4) einheitliche Temperaturcharakteristik hat.

3. Glühkerze nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Widerstand des Widerstandselements (4) weitgehend temperaturunabhängig ist.

4. Glühkerze nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Widerstand des Widerstandselements (4) einen positiven Temperaturkoeffizienten mit Regelwirkung hat.

5. Glühkerze nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Widerstand des Widerstandselements (4) einen negativen Temperaturkoeffizienten hat.

6. Glühkerze nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Widerstandselement (4) aus einem Teil (4a) mit weitgehend temperaturunabhängigem Widerstand und einem Teil (4b) mit positivem Temperaturkoeffezienten mit Regelwirkung besteht.

7. Glühkerze nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verbindung des Widerstandselements (4) mit der Anschlußvorrichtung (5) eine niederohmige Drahtverbindung (6) vorgesehen ist.

8. Glühkerze nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für das elektrisch isolierende Material (7) ein Material mit vergleichsweise hoher thermischer Leitfähigkeit vorgesehen ist.

9. Glühkerze nach Anspruch 8 in Rückbezug auf Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich das elektrisch isolierende Material (7) mit vergleichsweise hoher thermischer Leitfähigkeit auf den Bereich des Widerstandselements (4) beschränkt und daß im Bereich der niederohmigen Drahtverbindung ein elektrisch isolierendes Material (7) mit verhältnismäßig niedriger thermischer Leitfähigkeit vorgesehen ist.

10. Glühkerze nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein das Glührohr (2) umgebendes Schutzrohr (9) mit Öffnungen (10) im Bereich des das Widerstandselement (4) enthaltenden Teils des Glührohres (2) vorgesehen ist.

11. Verfahren zum Betreiben eines Satzes von Glühkerzen nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Glühkerzen (1) in einer Schaltphase im Überlapp und in einer nachfolgenden Phase ohne Lücke und ohne Überlapp aufeinanderfolgend eingeschaltet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einschaltphase für die einzelnen Glühkerzen (1) mit geringer zeitlicher Versetzung begonnen wird.

Claims

1. Glow plug for an air-compressing internal combustion engine, having a plug housing (3), having a connection device (5) for the glow current, and having a glow tube (2) which is mounted on the plug housing and which is sealed at its end remote from the plug housing, a coiled resistor element (4) being provided in the glow tube (2) such that it is embedded in an electrically insulating material (7),
characterised in that the coiled resistor element (4) is concentrated such that it occupies less than one third of the free glow tube length on the region of the end, of the glow tube (2), remote from the plug housing (3).

2. Glow plug according to Claim 1,
characterised in that the resistor element (4) has a uniform temperature characteristic curve.

3. Glow plug according to Claim 2,
characterised in that the electrical resistance of the resistor element (4) is largely independent of the temperature.

4. Glow plug according to Claim 2,
characterised in that the electrical resistance of the resistor element (4) has a positive temperature coefficient with a regulating effect.

5. Glow plug according to Claim 2,
characterised in that the electrical resistance of the resistor element (4) has a negative temperature coefficient.

6. Glow plug according to Claim 1,
characterised in that the resistor element (4) consists of a part (4a) having a resistance which is largely independent of the temperature coefficient and a regulating effect.

7. Glow plug according to any one of the preceding claims, characterised in that a low-impedance wire connection (6) is provided for connecting the resistor element (4) to the connection device (5).

8. Glow plug according to any one of the preceding claims, characterised in that a material with comparatively high heat conductivity is provided for the electrically insulating material (7).

9. Glow plug according to Claim 8 in dependence on Claim 7, characterised in that the electrically insulating material (7) with comparatively high heat conductivity is restricted to the region of the resistor element (4); and in that an electrically insulating material (7) with comparatively low heat conductivity is provided in the region of the low-impedance wire connection.

10. Glow plug according to any one of the preceding claims, characterised in that a protective tube (9) surrounding the glow tube (2) and having openings (10) is provided in the region of the part, of the glow tube (2), containing the resistor element (4).

11. Method of operating a set of glow plugs according to any one of the preceding claims, characterised in that the glow plugs (1) are connected in succession in a switching phase such that they overlap and in a subsequent phase continuously and without overlapping.

12. Method according to Claim 11, characterised in that the connection phase for the individual glow plugs (1) is started with a slight time lag.

Revendications

1. Bougie à incandescence pour un moteur à combustion interne à compression d'air, comportant un culot (3), un dispositif de raccordement (5) pour le courant de mise à incandescence et un tube à incandescence (2) monté sur le culot de la bougie et qui est fermé à son extrémité tournée à l'opposé du culot de la bougie, et dans lequel il est prévu, dans le tube à incandescence (2), un élément résistif en forme de filament hélicoïdal (4) qui est noyé dans un matériau électriquement isolant (7), caractérisée en ce que l'élément résistif en forme de filament hélicoïdal (4) est concentré de manière à s'étendre sur moins d'un tiers de la longueur libre du tube à incandescence, dans la zone de l'extrémité du tube à incandescence (2), tournée à l'opposé du culot (3) de la bougie.

2. Bougie à incandescence selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'élément résistif (4) possède une caractéristique uniforme de température.

3. Bougie à incandescence selon la revendication 2, caractérisée en ce que la résistance électrique de l'élément résistif (4) est dans une large mesure indépendante de la température.

4. Bougie à incandescence selon la revendication 2, caractérisée en ce que la résistance électrique de l'élément résistif (4) possède un coefficient de température positif ayant un effet de régulation.

5. Bougie à incandescence selon la revendication 2, caractérisée en ce que la résistance électrique de l'élément résistif (4) possède un coefficient de température négatif.

6. Bougie à incandescence selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'élément résistif (4) est constitué par une partie (4a) possédant une résistance qui est dans une large mesure indépendante de la température, et une partie (4b) qui possède un coefficient de température positif avec effet de régulation.

7. Bougie à incandescence selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que pour relier l'élément résistif (4) au dispositif de raccordement (5), il est prévu une liaison formée d'un fil de faible valeur ohmique (6).

8. Bougie à incandescence selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que pour le matériau électriquement isolant (7), il est prévu un matériau possédant une conductibilité thermique comparativement élevée.

9. Bougie à incandescence selon la revendication 8, prise en référence à la revendication 7, caractérisée en ce que le matériau électriquement isolant (7) possédant une conductibilité thermique comparativement élevée est limité à la zone de l'élément résistif (4) et que dans la zone de la liaison formée d'un fil de faible valeur ohmique, il est prévu un matériau électriquement isolant (7) possédant une conductibilité thermique relativement faible.

10. Bougie à incandescence selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'un tube de protection (9), qui entoure le tube à incandescence (2) et comporte des ouvertures (20), est prévu dans la zone de la partie du tube à incandescence (2), qui contient l'élément résistif (4).

11. Procédé pour faire fonctionner un ensemble de bougies à incandescence selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les bougies de préchauffage (1) sont activées en chevauchement pendant une phase de commutation et sont activées successivement sans intervalle intercalaire et sans chevauchement, lors d'une phase suivante.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la phase d'activation des différentes bougies à incandescence (1) est déclenchée avec un faible décalage temporel.

Fig.1

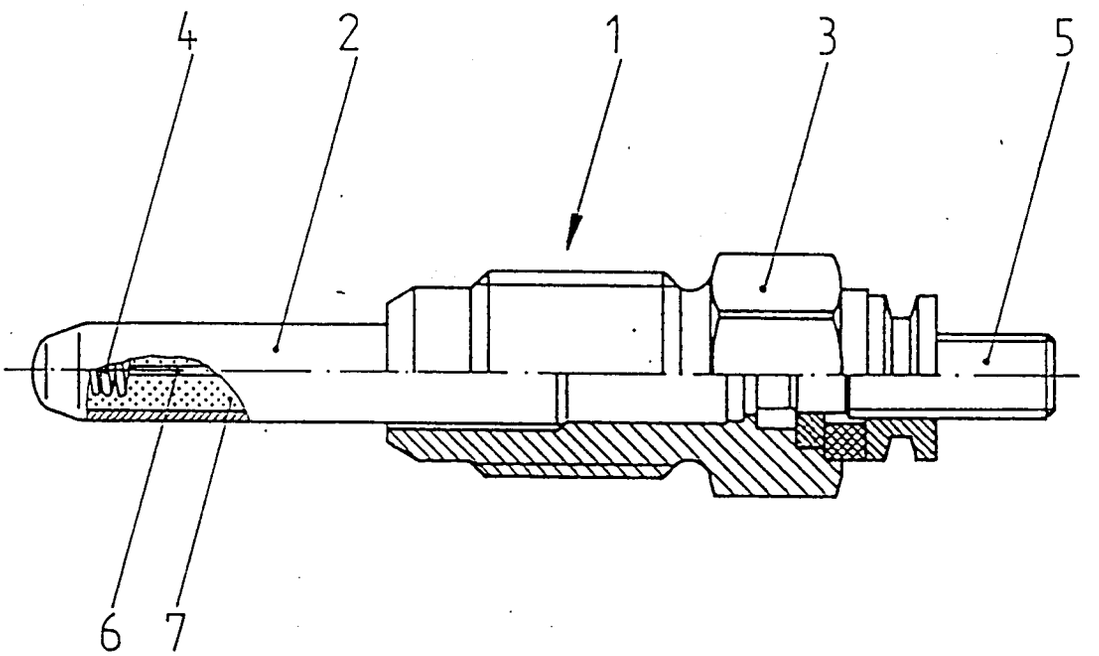


Fig: 1a

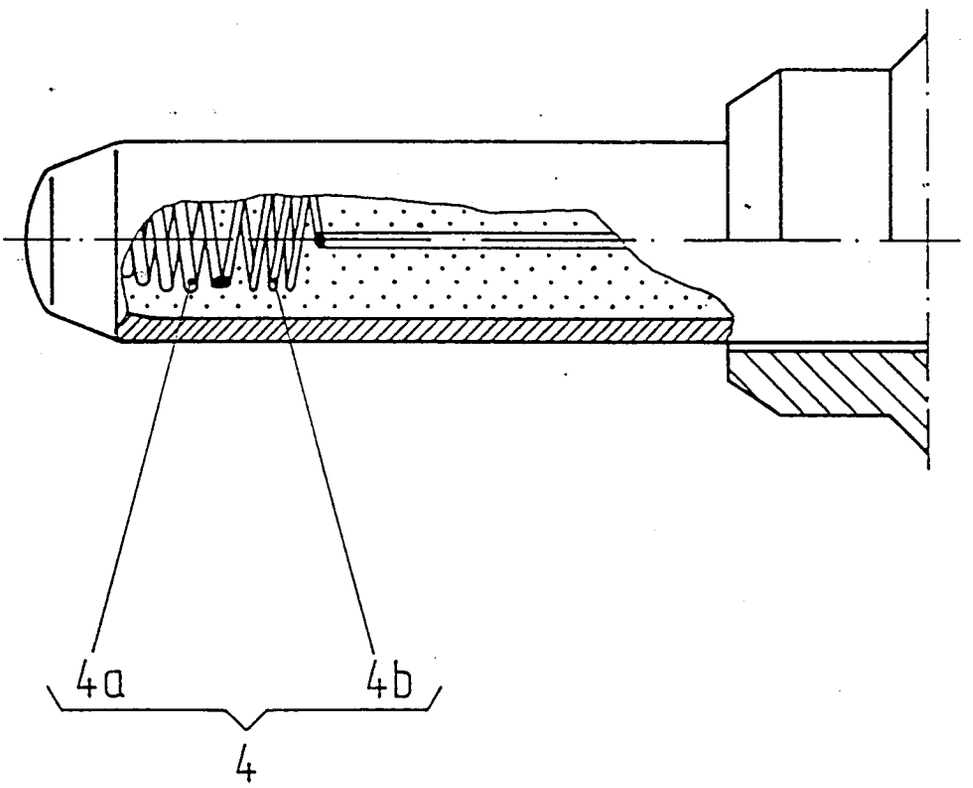


Fig.2

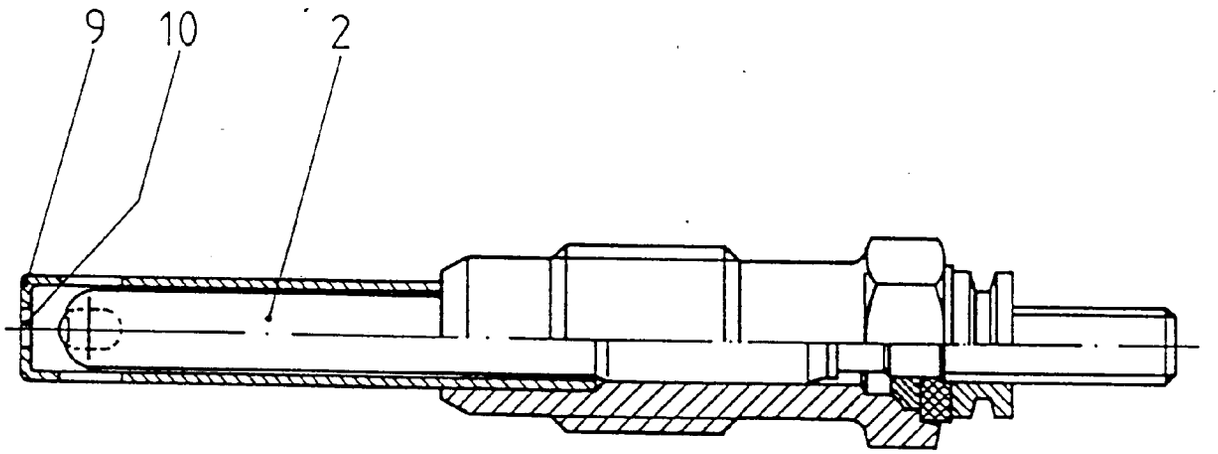


Fig. 3

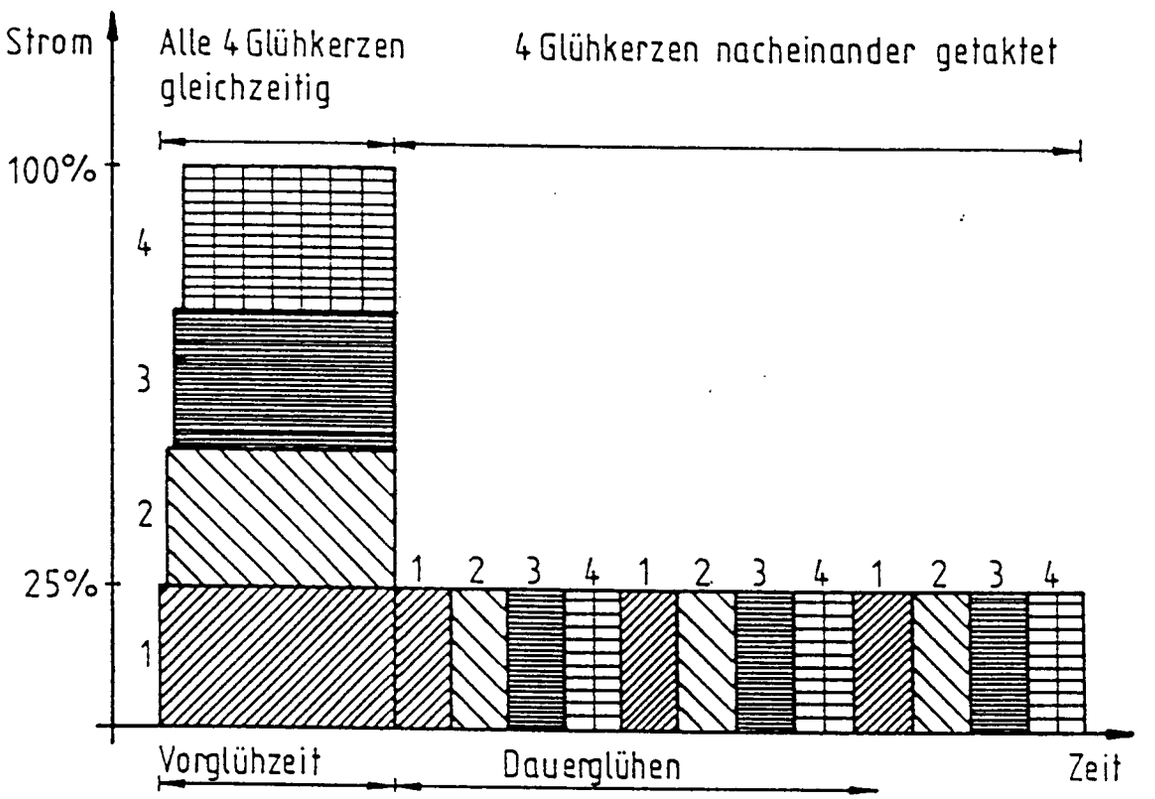

Strom
Alle 4 Glühkerzen gleichzeitig
4 Glühkerzen nacheinander getaktet
100%
25%
4
3
2
1
1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4
Vorglühzeit
Dauerglühen
Zeit

Fig.4

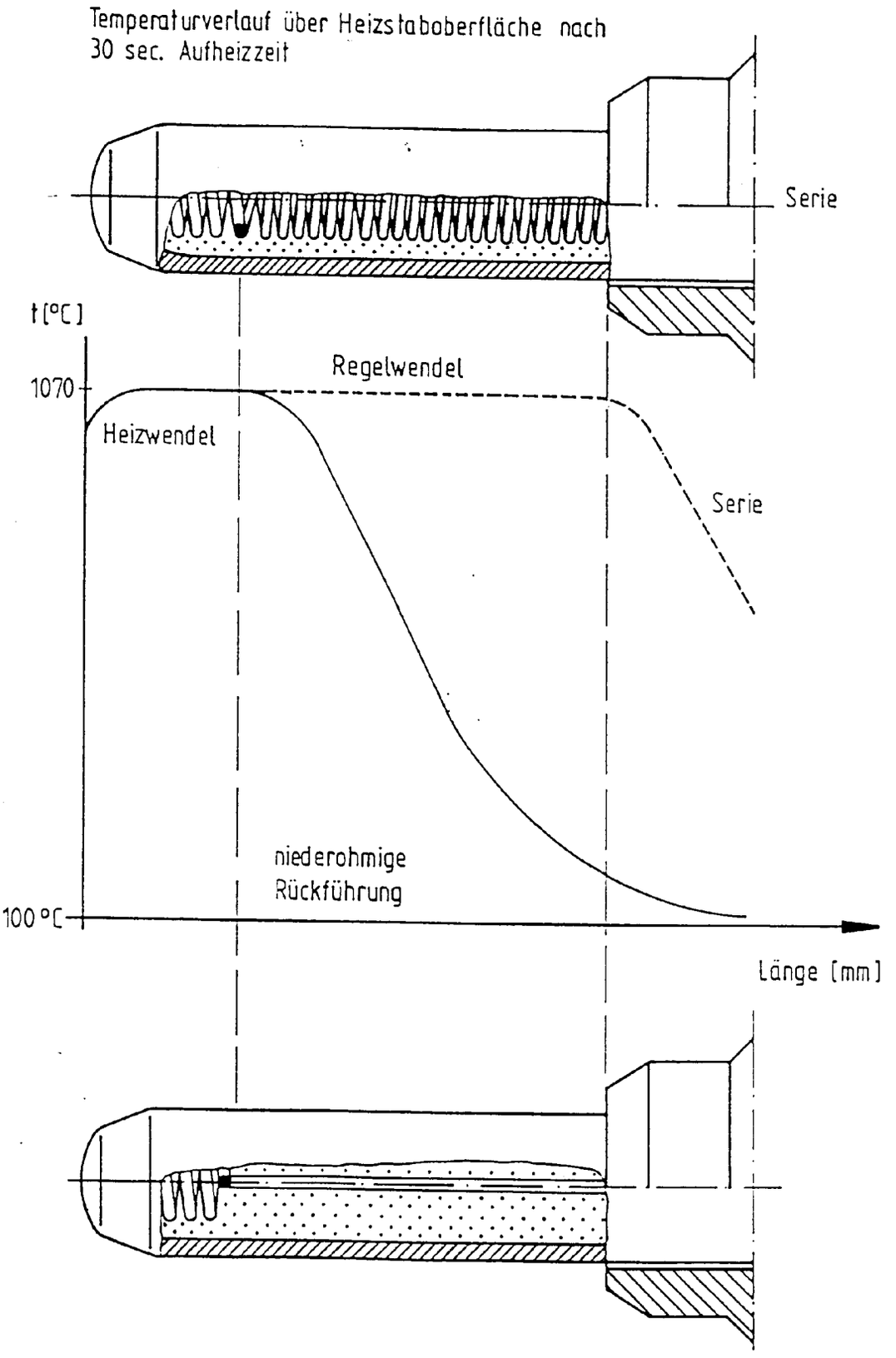

Temperaturverlauf über Heizstaboberfläche nach 30 sec. Aufheizzeit
Serie
t [°C]
Regelwendel
1070
Heizwendel
Serie
niederohmige Rückführung
100 °C
Länge [mm]

Fig. 5

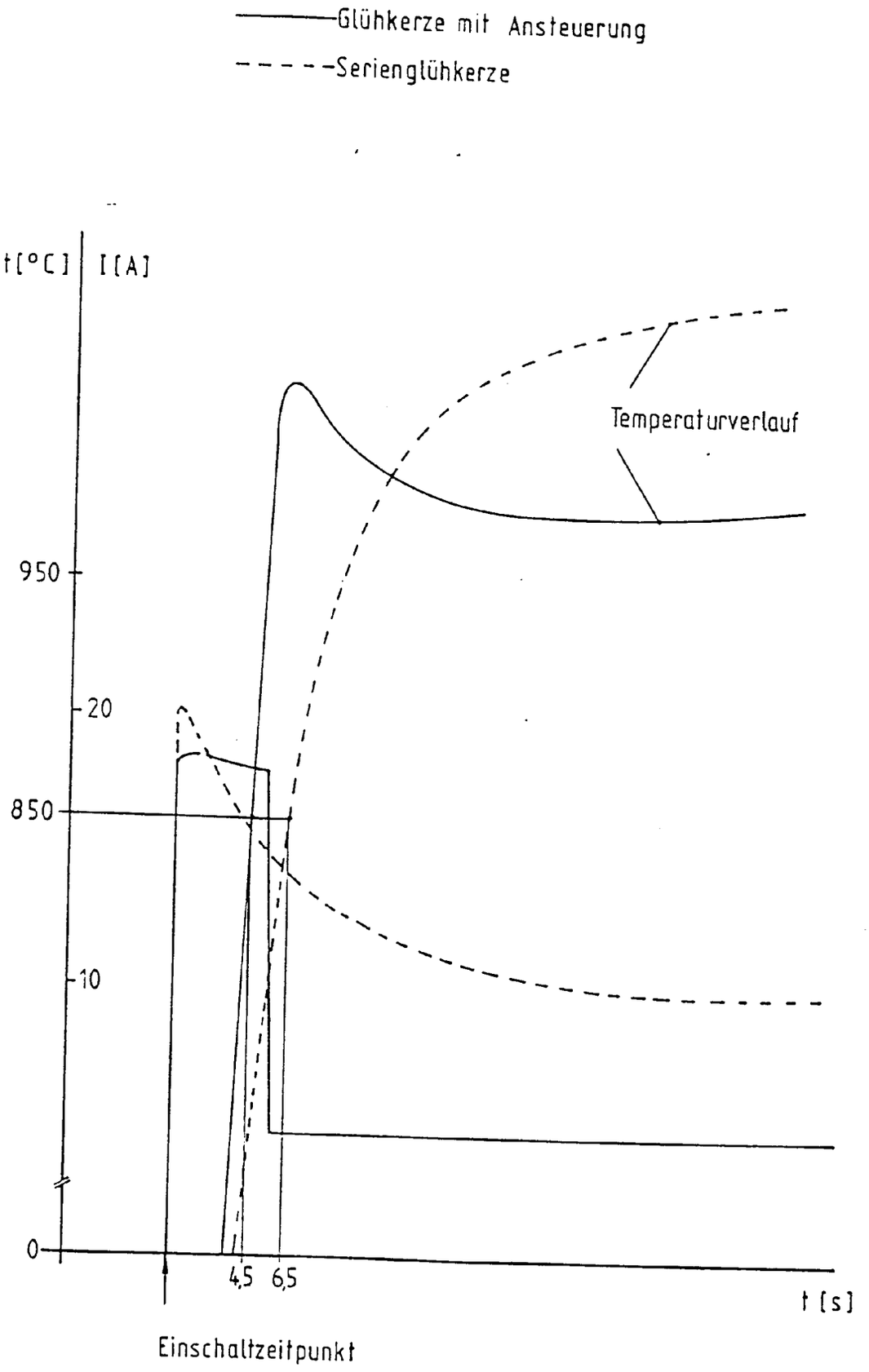

Glühkerze mit Ansteuerung
Serienglühkerze
t[°C]
I[A]
Temperaturverlauf
950
20
850
10
0
4,5
6,5
t [s]
Einschaltzeitpunkt

Fig.6

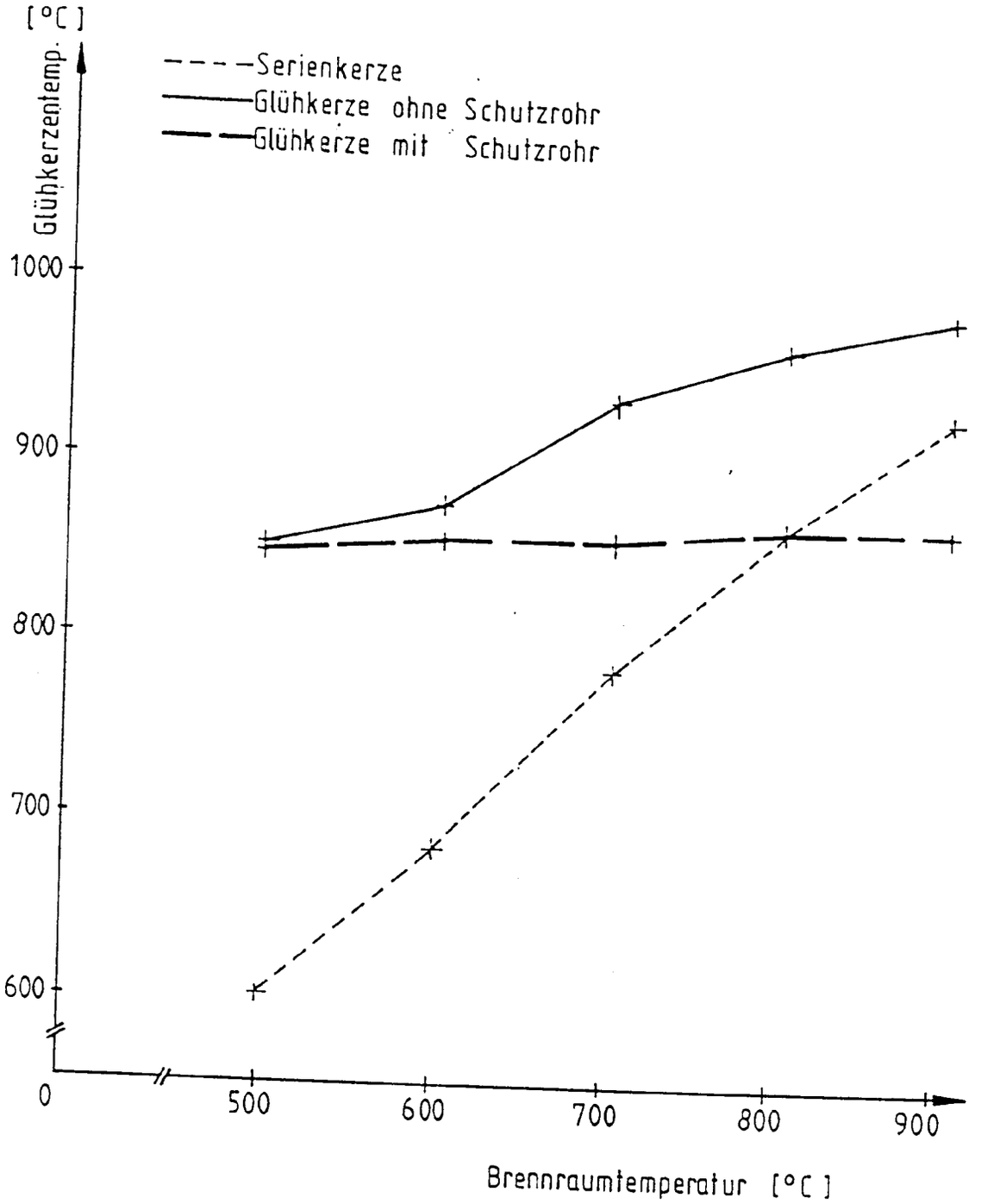

[°C]
Glühkerzentemp.
Serienkerze
Glühkerze ohne Schutzrohr
Glühkerze mit Schutzrohr
1000
900
800
700
600
0
500
600
700
800
900
Brennraumtemperatur [°C]

Fig.7

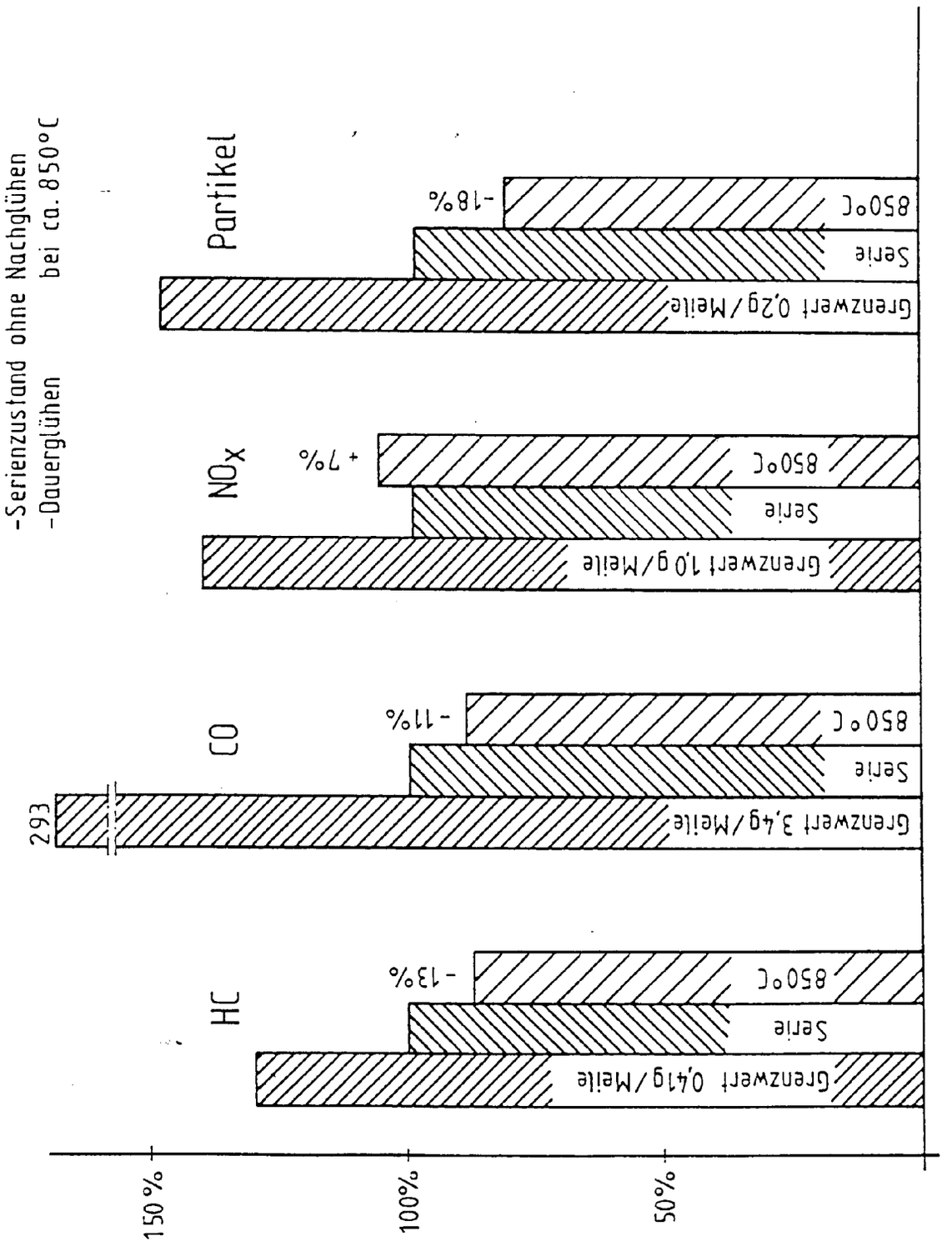

-Serienzustand ohne Nachglühen
-Dauerglühen bei ca. 850°C
150 %
100%
50%
HC
Grenzwert 0,41g/Meile
Serie
850°C
-13%
CO
293
Grenzwert 3,4g/Meile
Serie
850°C
-11%
NOx
Grenzwert 1,0 g/Meile
Serie
850°C
+7%
Partikel
Grenzwert 0,2g/Meile
Serie
850°C
-18%

Fig. 8

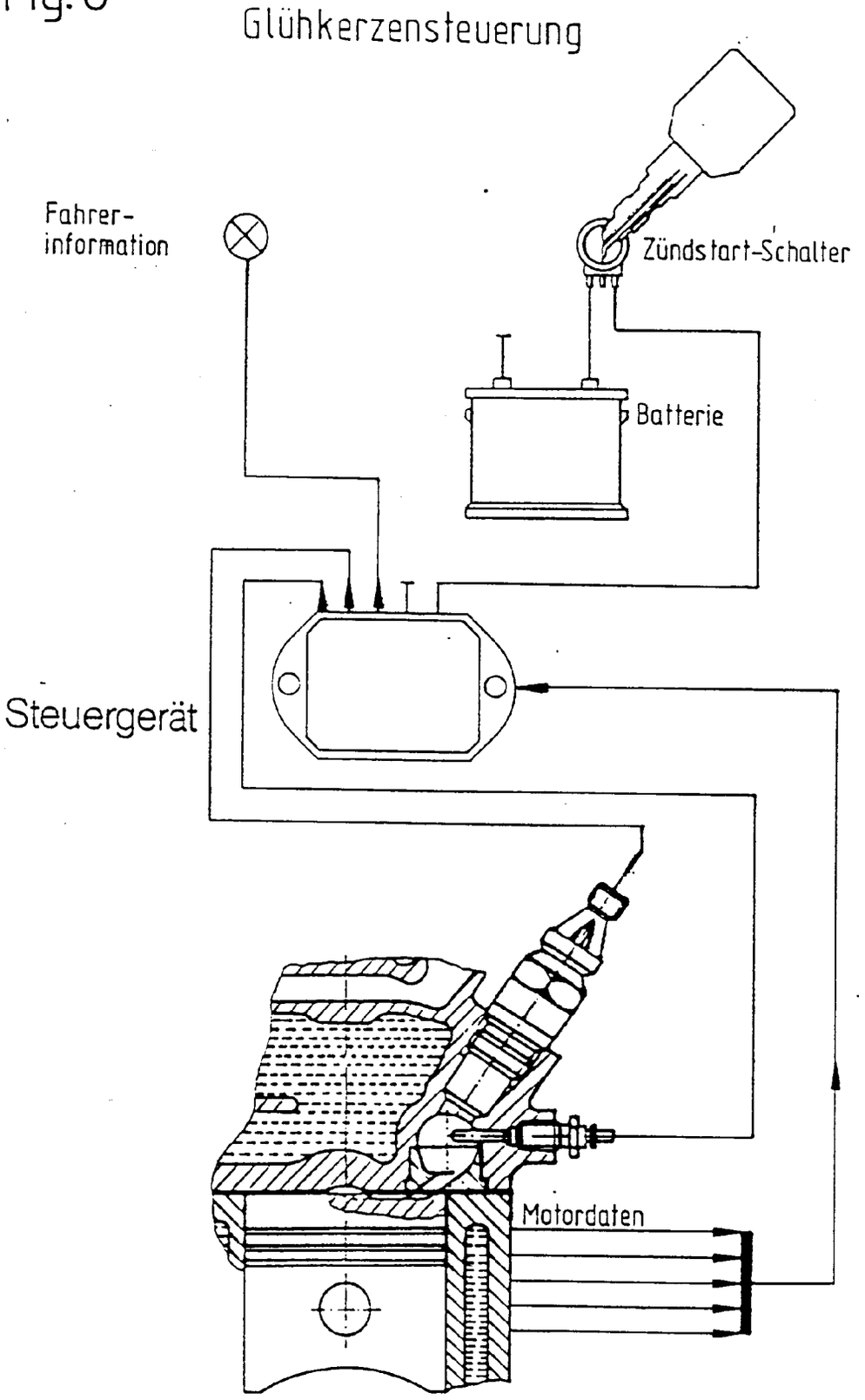

Glühkerzensteuerung
Fahrer-
information
Zündstart-Schalter
Batterie
Steuergerät
Motordaten

Fig.9

Elektronische Glühkerzensteuerung

