



12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **91107216.3**

51 Int. Cl.⁵: **F23Q 7/00**

22 Anmeldetag: **03.05.91**

30 Priorität: **04.05.90 DE 4014356**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.11.91 Patentblatt 91/45

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

71 Anmelder: **BERU Ruprecht GmbH & Co. KG**
Wernerstrasse 35
W-7140 Ludwigsburg(DE)

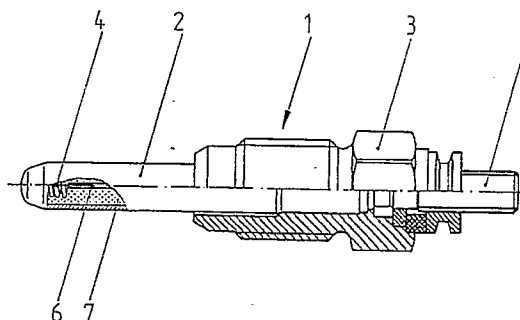
72 Erfinder: **Müller, Helmut, Dipl.-Ing.(FH)**
Besigheimer Strasse 13
W-7122 Besigheim-Ottmarsheim(DE)
Erfinder: **Baeskow, Werner, Dipl.-Ing.(FH)**
Gemrigheimer Strasse 21
W-7121 Hessigheim(DE)

74 Vertreter: **WILHELMS, KILIAN & PARTNER**
Patentanwälte
Eduard-Schmid-Strasse 2
W-8000 München 90(DE)

54 **Glühkerze.**

57 Bei einer 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, ist vorgesehen, daß das drahtwendelförmige Widerstandselement (4) räumlich auf den Bereich des vom Kerzengehäuse (3) abgewandten Endes des Glührohres (2) konzentriert ist.

Fig.1



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

Messungen an Dieselmotoren 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 den 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.

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 Widerstandsdrähtwendel 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 möglichst 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. oberflächenoxidierten) 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 Glührohr 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. $>850^\circ\text{C}$ 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 Taktphasen 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 Glührohres 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 Widerstandsdrahtwendel 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 ($<50\text{W}$) die Glührohrspitze eine Temperatur von $>850^\circ\text{C}$ 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 derzeit 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 Zündverzögerung verkleinert, kann durch einen von Fahrzeugherstellern neu zu bestimmenden Einspritzzeitpunkt mit einer weiteren Abgas- bzw. Partikelverringerung gerechnet werden.

Die Verkürzung des Zündverzögerung hat bekannt-

erweise 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) räumlich 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,

zeichnet, 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 Temperaturkoeffizienten mit Regelwirkung besteht. 5
10
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. 15
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. 20
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. 25
30
10. Glühkerze nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein das Glührohr (2) umgebendes Schutzrohr (9) mit Öffnungen (10) im Bereich des Widerstandselement (4) enthaltenden Teils des Glührohres (2) vorgesehen ist. 35
40
11. Satz von Glühkerzen nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Glühkerzen (1) in einer Einschaltphase im Überlapp und in einer nachfolgenden Phase lückenlos und ohne Überlapp aufeinanderfolgend einschaltbar sind. 45
12. Glühkerzensatz nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einschaltphase für die einzelnen Glühkerzen (1) mit geringer zeitlicher Versetzung beginnt. 50

55

Fig.1

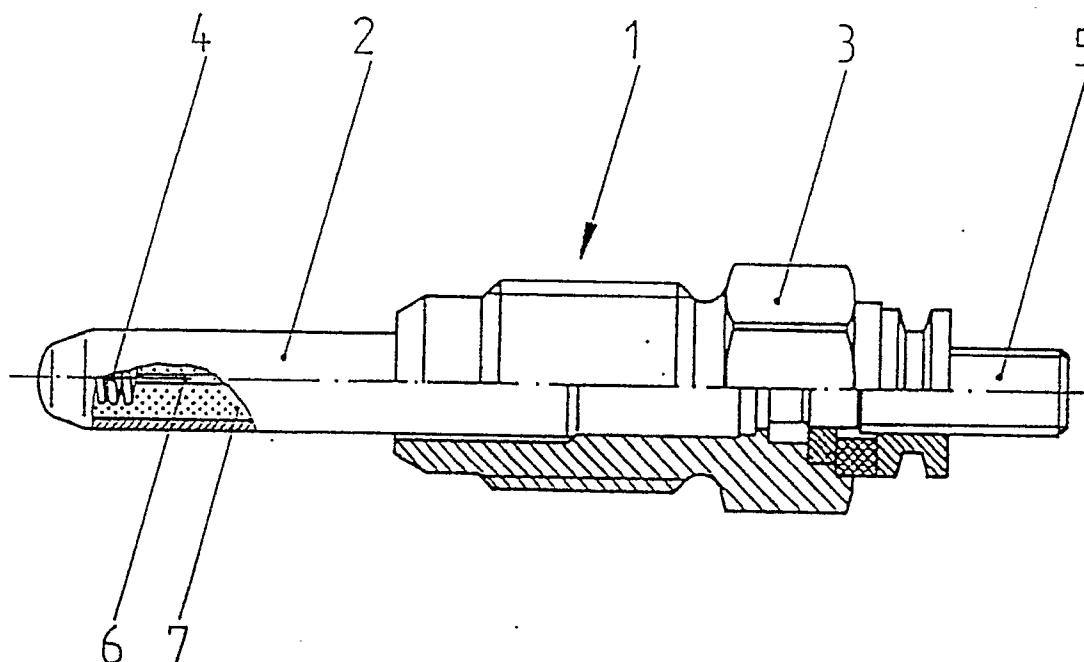


Fig: 1a

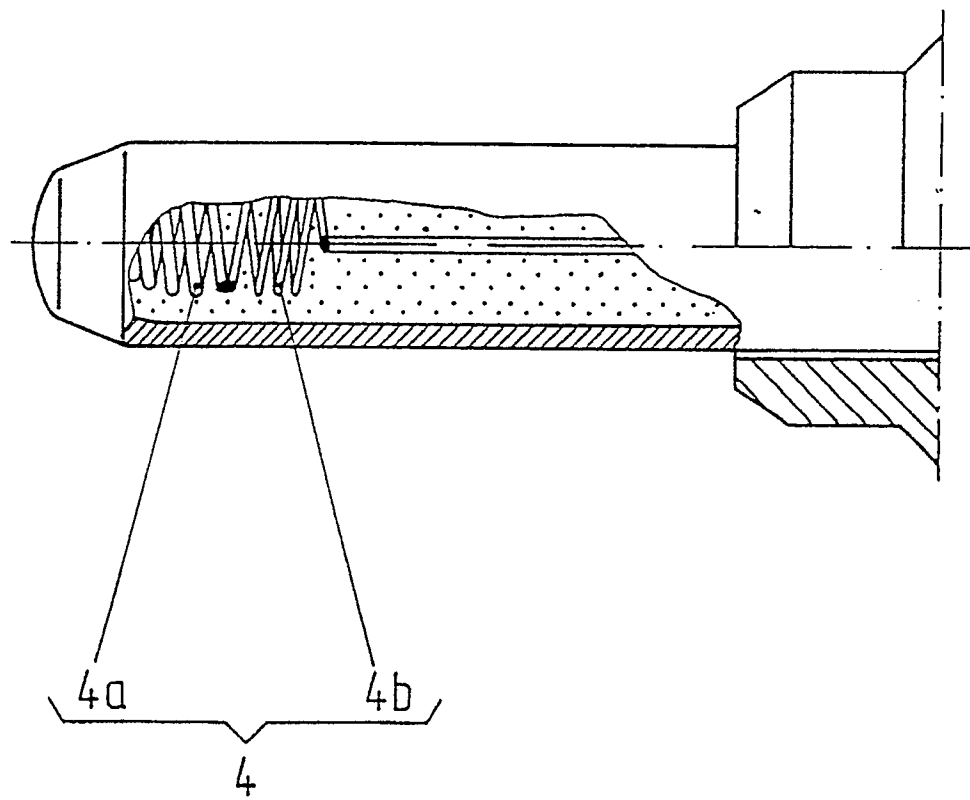


Fig.2

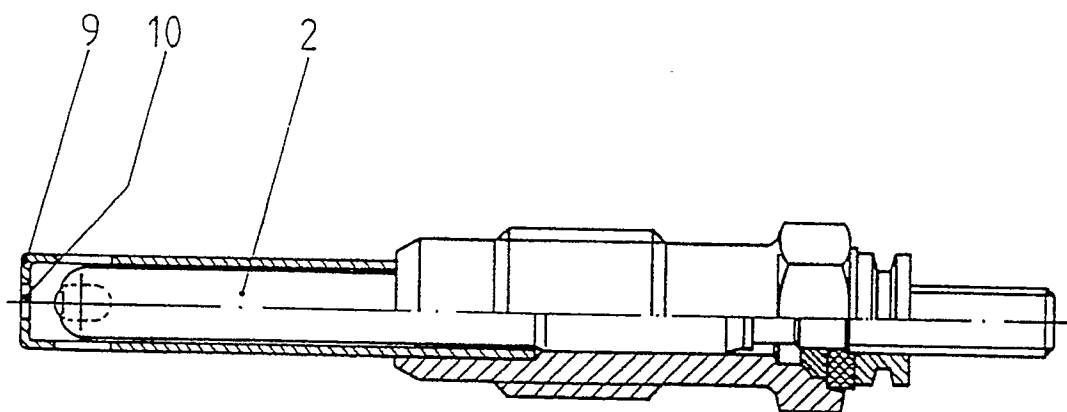


Fig. 3

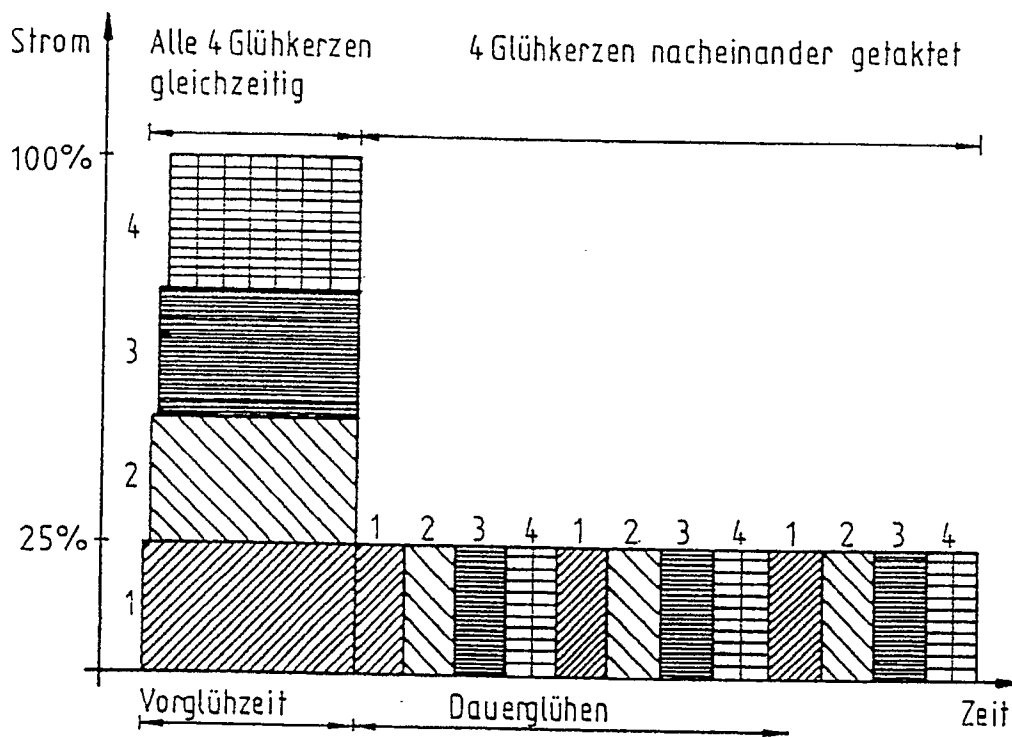


Fig.4

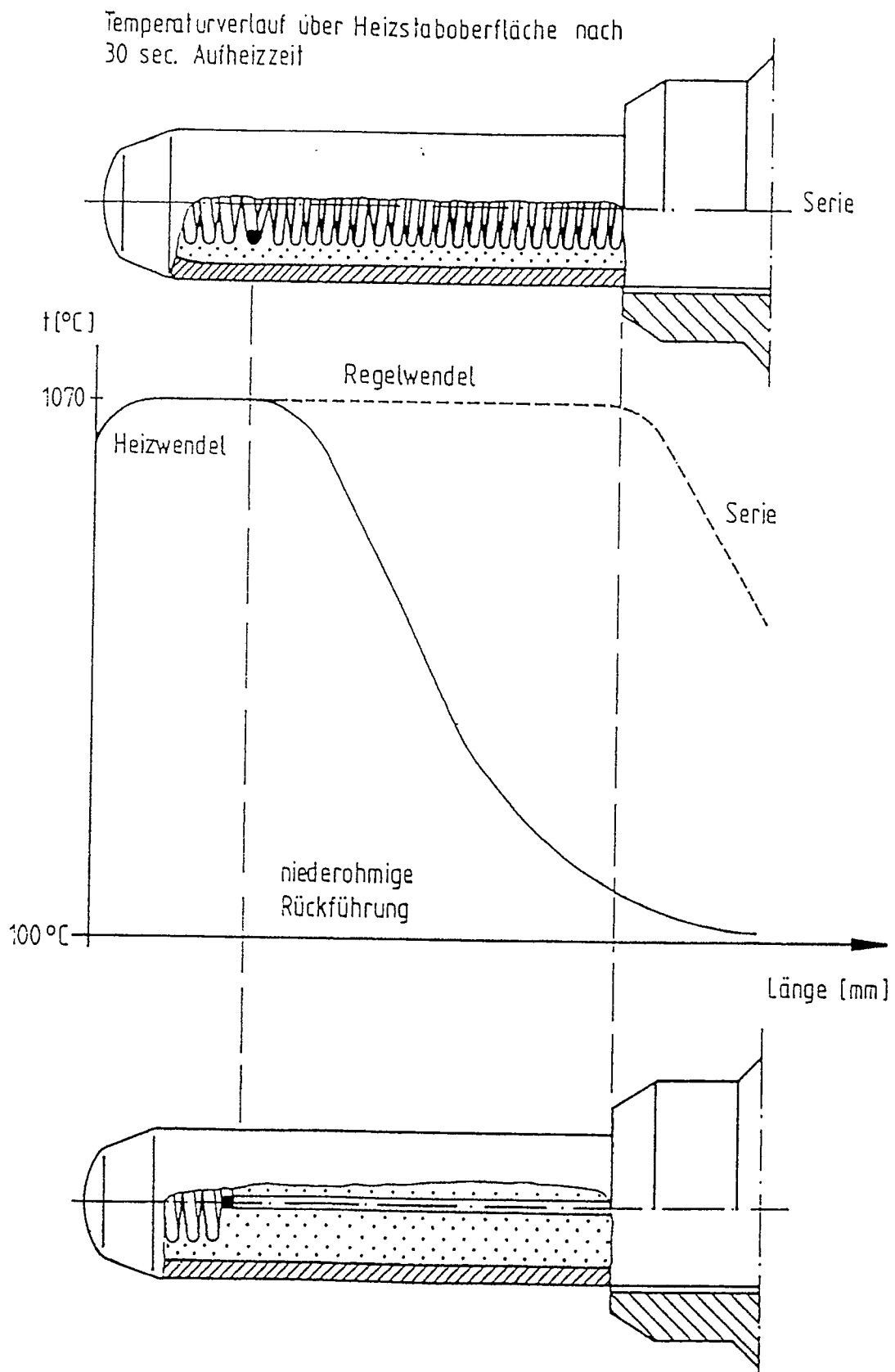


Fig. 5

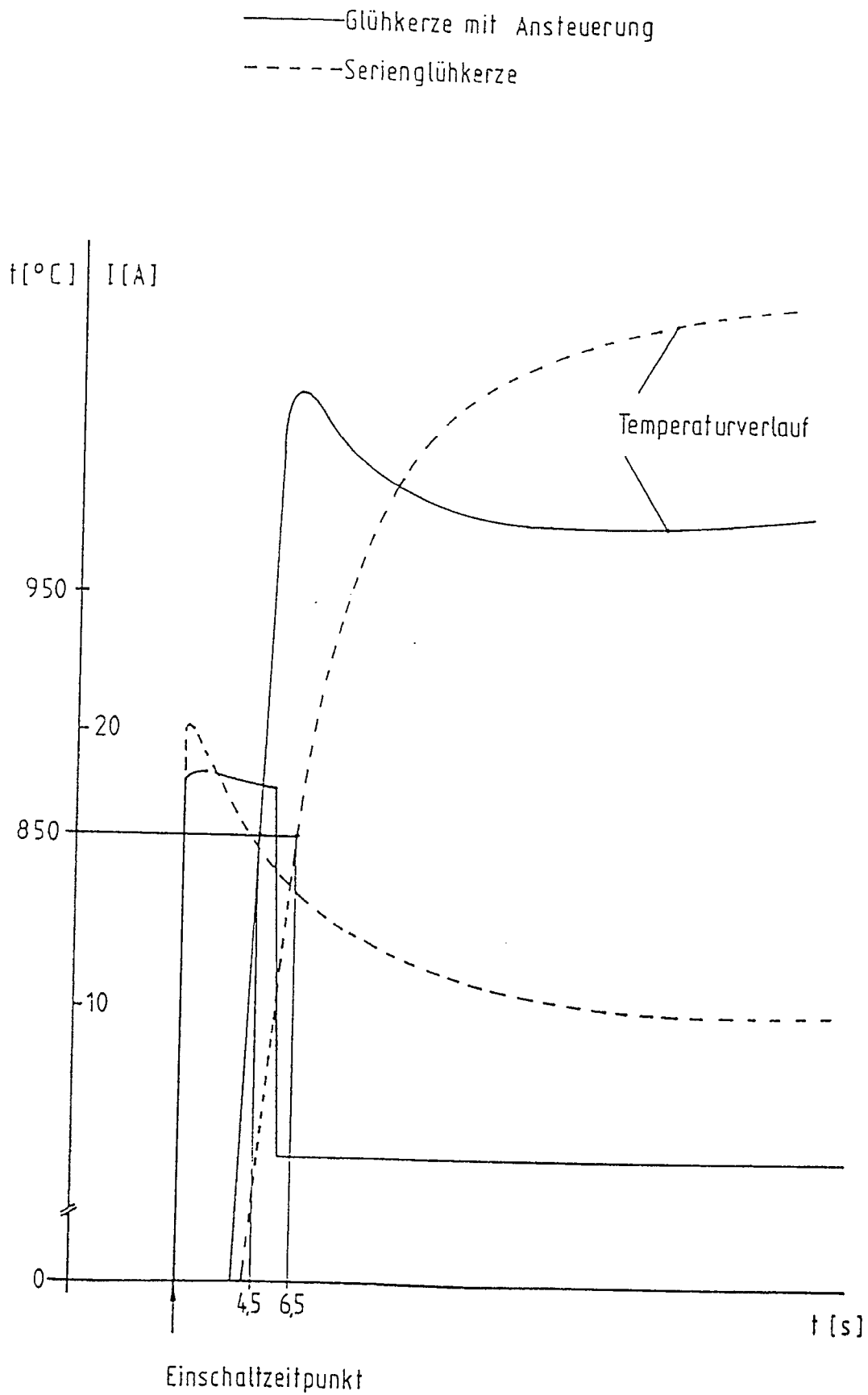


Fig.6

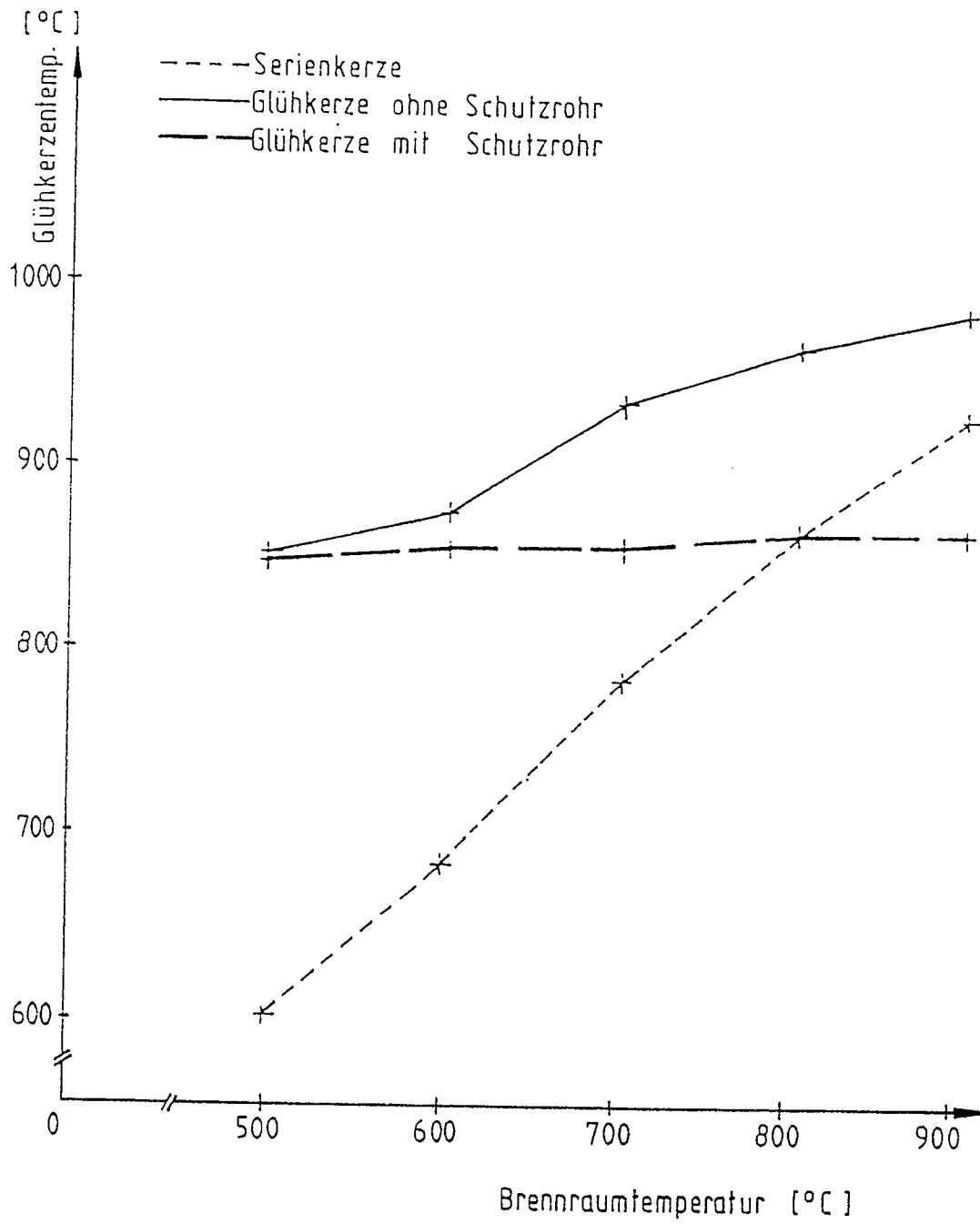


Fig.7

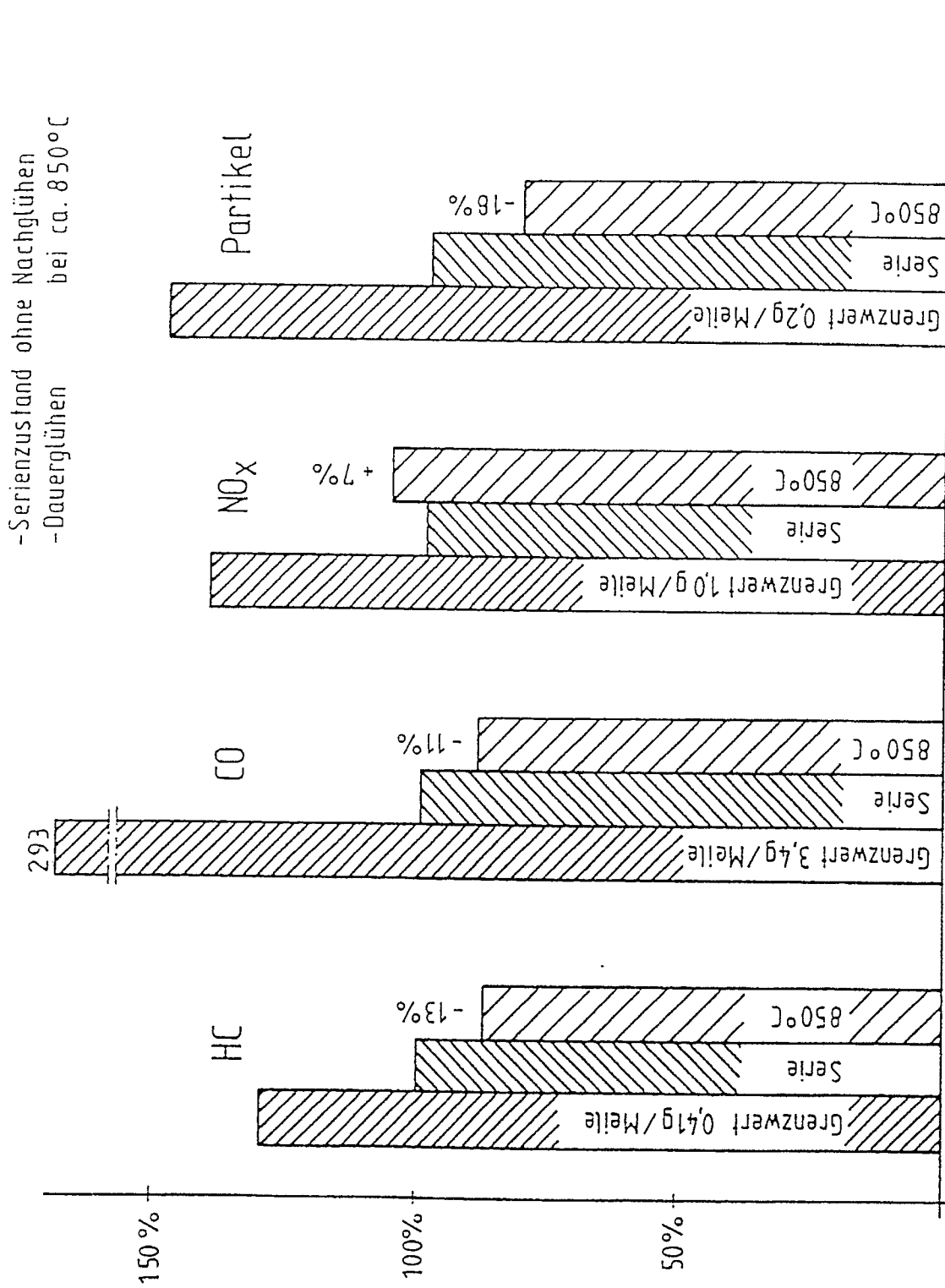


Fig. 8

Glühkerzensteuerung

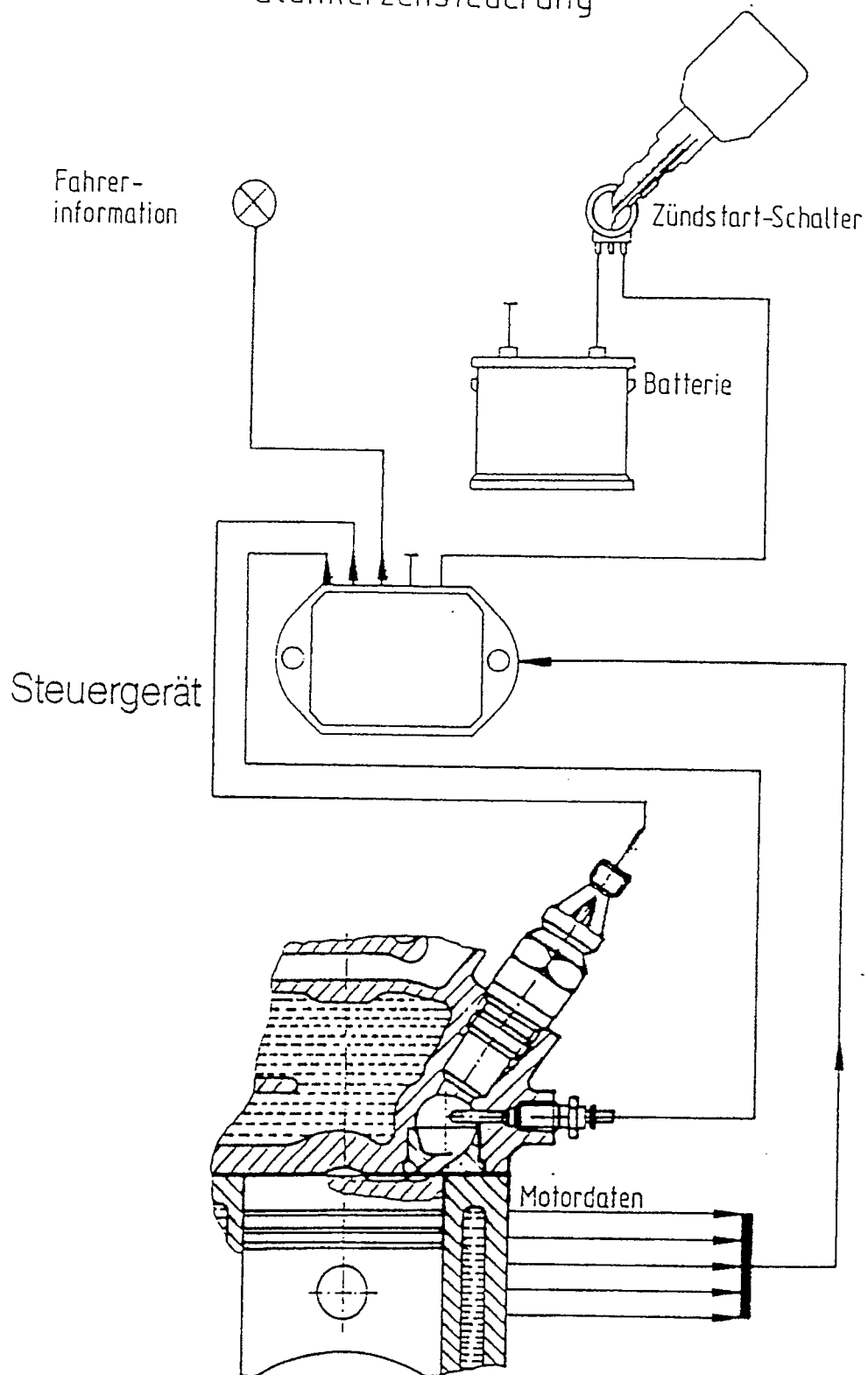


Fig. 9

Elektronische Glühkerzensteuerung

