

Alles über Glühkerzen

Technische
Information
Nr. 04



BorgWarner



A BorgWarner
Business

Inhaltsverzeichnis

<i>Der Dieselmotor</i>	3
Funktionsweise	3
Kaltstart	3
Einspritzsysteme	4
<i>Selbstregelnde Stabglühkerzen</i>	5
Anforderungen an eine moderne Glühkerze	5
Aufbau und Funktionsweise	6
Nachglühfähige Stabglühkerzen (GN)	7/8
<i>Das Instant Start System (ISS)</i>	9
Systemkonzept	9
Elektronische Steuerung	9
<i>BERU Systems: Innovationsführer mit Drucksensor-Glühkerze PSG</i>	10
<i>BERU Qualität</i>	11
<i>Billig-Konstruktionen – darauf sollten Sie verzichten</i>	12
<i>Ausfallursachen von Stabglühkerzen</i>	13
<i>Tipps für die Werkstatt</i>	14
Glühkerzen-Testgerät: Prüfen ohne Kerzenausbau	14
So startet der Diesel wieder schnell und sicher	14
Drehmomente	15
BERU Reibahle: für eine schnelle und sichere Zylinderkopfbohrung	15

Der Dieselmotor

Funktionsweise

Dieselmotoren sind Selbstzünder, das heißt: Der eingespritzte Kraftstoff entzündet sich, ohne dass ein Zündfunke notwendig ist. Die Auslösung des Arbeitstaktes erfolgt in drei Schritten:

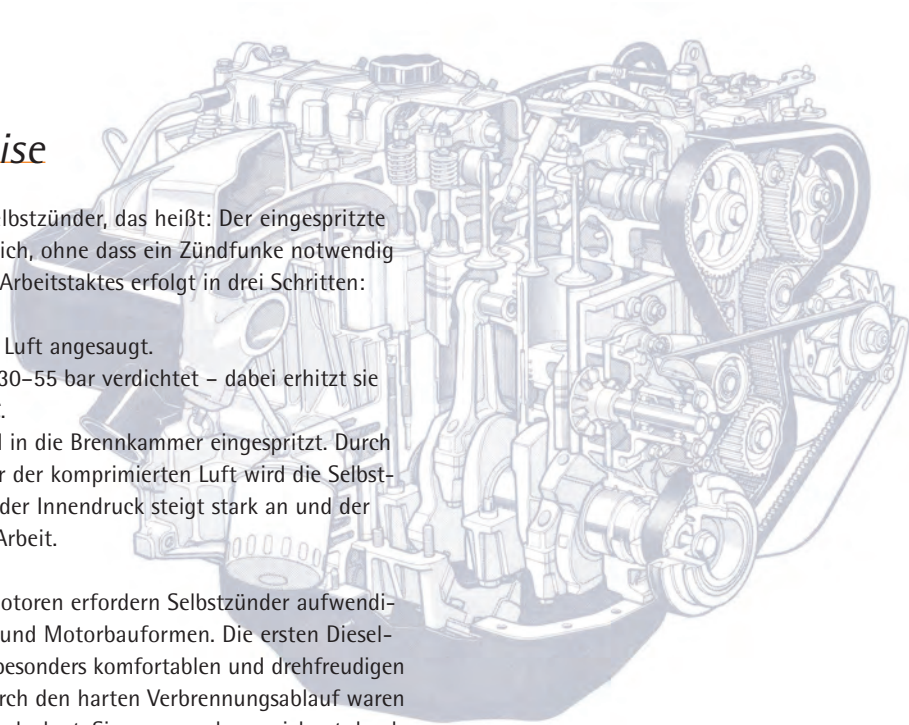
1. Zunächst wird reine Luft angesaugt.
2. Diese Luft wird auf 30–55 bar verdichtet – dabei erhitzt sie sich auf 700–900 °C.
3. Dieseldieselkraftstoff wird in die Brennkammer eingespritzt. Durch die hohe Temperatur der komprimierten Luft wird die Selbstzündung ausgelöst, der Innendruck steigt stark an und der Motor leistet seine Arbeit.

Im Vergleich zu Ottomotoren erfordern Selbstzünder aufwendigere Einspritzsysteme und Motorbauformen. Die ersten Dieselmotoren waren keine besonders komfortablen und drehfreudigen Antriebsaggregate. Durch den harten Verbrennungsablauf waren sie in kaltem Zustand sehr laut. Sie waren gekennzeichnet durch ein höheres Leistungsgewicht, eine geringe Leistung pro Liter Hubraum sowie ein schlechteres Beschleunigungsverhalten. Durch stetige Weiterentwicklung der Einspritztechnik und der Glühkerzen konnten all diese Nachteile beseitigt werden. Heute gilt der Diesel als gleich- oder gar höherwertige Antriebsquelle.

Kaltstart

Unter Kaltstart versteht man alle Startvorgänge, bei denen Motor und Medien nicht Betriebstemperatur haben. Je tiefer die Temperatur ist, desto schlechter sind die Bedingungen für eine rasche Zündung und vollständige umweltfreundliche Verbrennung. Damit bei zu niedrigen Temperaturen der Start nicht unzumutbar lang oder gar unmöglich wird, werden Hilfsmittel zur Kaltstartunterstützung eingesetzt. Diese kompensieren die verschlechterten Startbedingungen und leiten die rechtzeitige und gleichmäßige Zündung für eine stabile Verbrennung ein.

Eine Komponente der Kaltstartunterstützung ist die Glühkerze. Durch elektrisch erzeugte und in den Brennraum eingebrachte Wärmeenergie schafft sie ideale Zündbedingungen für den eingespritzten Kraftstoff. Für Motoren mit geteiltem Brennraum ist sie als Kaltstarthilfe unabdingbar, um den Start auch im häufig auftretenden Temperaturbereich von 10–30 °C sicherzustellen. Wegen der erheblichen Verschlechterung der Startqualität unterhalb des Gefrierpunktes wird die Glühkerze als Kaltstarthilfe auch für den direkteinspritzenden Dieselmotor eingesetzt.



Der Dieselmotor

Einspritzsysteme

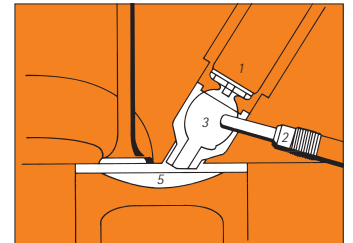
Je nach Bauart und Anordnung des Brennraums unterscheidet man bei Dieselmotoren folgende Einspritzsysteme:

1. Vorkammersystem
2. Wirbelkammerverfahren
3. Direkteinspritzung

Bei allen Systemen sind Glühkerzen notwendig – damit eingespritzter Kraftstoff verdampfen und sich das Kraftstoff-Luft-Gemisch an der heißen Oberfläche der Kerze entzünden kann.

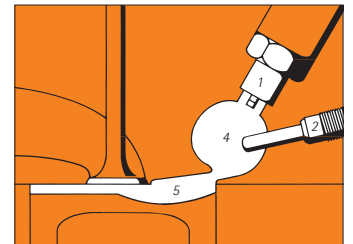
VORKAMMERSYSTEM

Bei diesem System ist der Brennraum zweigeteilt: in eine Vorkammer und in den Hauptbrennraum. Diese sind durch mehrere Bohrungen (Schusskanäle) miteinander verbunden. Während des Verdichtungstaktes wird ein Teil der verdichteten Luft in die Vorkammer gepresst. Kurz vor dem Erreichen des oberen Totpunktes wird Kraftstoff durch eine Düse direkt in die Vorkammer des entsprechenden Kolbens gespritzt. Dort erfolgt die Teilverbrennung des eingespritzten Kraftstoffes. Die entstehenden hohen Temperaturen sorgen für einen schnellen Druckanstieg. Dadurch wird der gesamte Inhalt der Vorkammer durch die Schusskanäle in den Hauptbrennraum geblasen, wo dann die eigentliche Verbrennung stattfindet.



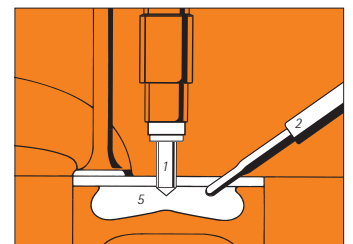
WIRBELKAMMERVERFAHREN

Die kugelförmige Wirbelkammer ist abgetrennt vom Hauptbrennraum im Zylinderkopf angeordnet. Hauptbrennraum und Wirbelkammer sind durch einen Schusskanal mit großem Durchmesser miteinander verbunden. Im Verdichtungstakt bewirkt der Schusskanal in der Wirbelkammer eine intensive Rotation der Ansaugluft. In diesen Luftwirbel wird der Dieselmotorkraftstoff eingespritzt. Die Verbrennung beginnt in der Wirbelkammer und greift dann auf den Hauptbrennraum über. Im Fahrbetrieb ist die Temperatur der verdichteten Luft für die Selbstzündung hoch genug. Zum Start des Motors reicht diese jedoch speziell bei niedrigen Außentemperaturen nicht mehr aus.



DIREKTEINSPRITZUNG

Bei der Diesel-Direkteinspritzung (Kraftstoff-Luft-Verteilung) wird der Kraftstoff zur Zerstäubung mit hohem Druck durch eine Mehrlochdüse in die hoch verdichtete Ansaugluft gespritzt, wobei durch entsprechende Gestaltung des Kolbenbodens die Gemischbildung gefördert wird. Die kalte Ansaugluft wird beim Start durch den hohen Verdichtungsdruck sehr schnell erhitzt. Der Heizstab ragt in den Hauptbrennraum. Prinzipiell hat die Glühkerze beim Direkteinspritzer die gleiche Aufgabe wie bei den Kammermotoren: Sie liefert Zündhilfe für den Start. Bei einer modernen Stabglühkerze erreicht der Heizstab innerhalb weniger Sekunden eine Temperatur von über 1.000 °C.



- 1 | Einspritzdüse
- 2 | Stabglühkerze
- 3 | Vorkammer
- 4 | Wirbelkammer
- 5 | Verbrennungsraum

Beim Kaltstart gilt generell: Kalte angesaugte Luft führt zu niedrigeren Temperaturen am Ende der Kompression. Gravierender jedoch sind die niedrigen Startdrehzahlen. Durch die lange Verweildauer der Ladung ist der Druck- und Temperaturverlust viel höher als z. B. bei Leerlaufdrehzahlen.

Selbstregelnde Stabglühkerzen

Anforderungen an eine moderne Glühkerze

KURZE AUFHEIZZEIT

Glühkerzen müssen in einer möglichst kurzen Zeit eine hohe Temperatur zur Zündunterstützung bereitstellen – und diese Temperatur unabhängig von den Randbedingungen halten oder sogar in Abhängigkeit von diesen anpassen.

GERINGER PLATZBEDARF

Bisher arbeiten Pkw-Dieselmotoren vornehmlich als Direkteinspritzer mit 2 Ventilen und bieten so genügend Platz für Einspritzdüsen und Glühkerzen. Bei modernen Dieselmotoren mit Common-Rail- oder Pumpe-Düse-Einspritzsystem und 4-Ventil-Technik sind die Platzverhältnisse jedoch sehr begrenzt. Das bedeutet: Der Platzbedarf für die Glühkerze muss minimiert werden, was zu einer sehr dünnen und langen Form führt. Heute sind bereits BERU Glühkerzen mit einem auf 3 mm reduzierten Glührohrdurchmesser im Einsatz.

EXAKTE ANPASSUNG AN DEN BRENNRAUM

Idealerweise sitzt der Glühstab genau am Rand des Gemischwirbels – er muss jedoch noch weit genug in den Brennraum bzw. die Vorkammer eintauchen. Nur so kann er die Wärme punktgenau einbringen. Er darf auch nicht zu weit in den Brennraum ragen, denn dann würde die Aufbereitung des eingespritzten Kraftstoffes und damit die Bildung eines zündfähigen Kraftstoff-Luft-Gemisches gestört. Die Folge wären erhöhte Abgasemissionen.

AUSREICHEND GLÜHENDES VOLUMEN

Neben der Glühkerze kommt für den Motorkaltstart dem Einspritzsystem eine besondere Bedeutung zu. Nur ein in Einspritzzeitpunkt, -menge und Gemischbildung für den Kaltstart optimiertes System ergibt mit einer richtigen Position und Temperatureinstellung der Glühkerze ein gutes Kaltstartverhalten. Auch nach dem Motorstart darf die Glühkerze durch die erhöhte Luftbewegung im Brennraum nicht „kaltgeblasen“ werden. Besonders in Vor- oder Wirbelkammermotoren herrschen an der Glühkerzenspitze sehr hohe Luftgeschwindigkeiten. In diesem Umfeld funktioniert die Kerze nur, wenn sie genügend Reserven hat; d. h. wenn ausreichend glühendes Volumen vorhanden ist, um sofort Wärme in die kaltgeblasene Zone nachschieben zu können.

Die von BorgWarner BERU Systems entwickelten Glühkerzen werden all diesen Anforderungen optimal gerecht. Bereits bei der Motorenentwicklung arbeiten die BERU Ingenieure eng mit der Automobilindustrie zusammen. Das Ergebnis: umweltschonender Diesel-Schnellstart in 2–5 Sekunden (in Verbindung mit dem Instant Start System ISS sogar kürzer), sicherer Start bis $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, ruhiger und motorschonender Motoranlauf, bis zu 40 % weniger Rußausstoß in der Warmlaufphase bei nachglühfähigen Kerzen (mehr dazu ab Seite 7).



Selbstregelnde Stabglühkerzen

Aufbau und Funktionsweise

Die BERU Stabglühkerze besteht im Wesentlichen aus Kerzenkörper, Heizstab mit Heiz- und Regelwendel sowie Anschlussbolzen. Der korrosionsfeste Glühstab ist gasdicht ins Gehäuse eingepresst. Zusätzlich wird die Kerze noch durch einen O-Ring oder ein Kunststoffteil am Anschlusssteil abgedichtet. Ihre elektrische Energie bezieht die Glühkerze von der Batterie. Die Steuerung übernimmt ein elektronisches Glühzeitsteuergerät.

HEIZ- UND REGELWENDEL

Das Grundprinzip einer modernen Stabglühkerze ist die Kombination einer Heiz- und einer Regelwendel zu einem gemeinsamen Widerstandselement. Die Heizwendel ist aus hochtemperaturfestem Material gefertigt, dessen elektrischer Widerstand weitgehend temperaturunabhängig ist. Sie bildet mit dem vorderen Teil des Glühstabes die Heizzone. Die Regelwendel ist am stromführenden Anschlussbolzen befestigt, ihr Widerstand weist einen großen Temperaturkoeffizienten auf.

Die gesamte Wendel ist fest in ein verdichtetes, elektrisch isolierendes, aber sehr wärmeleitfähiges keramisches Pulver eingepackt. Das Pulver wird beim mechanischen Verdichten so stark zusammengepresst, dass die Wendel sitzt, als wäre sie in Zement gegossen. Dadurch ist sie so stabil, dass die dünnen Drähte der Heiz- und Regelwendel allen Schwingungen dauerhaft widerstehen. Obwohl die einzelnen Windungen nur wenige zehntel Millimeter auseinander liegen, kann es nicht zu Windungsschlüssen kommen – und schon gar nicht zu einem Kurzschluss mit dem Glührohr, der die Kerze zerstören würde.

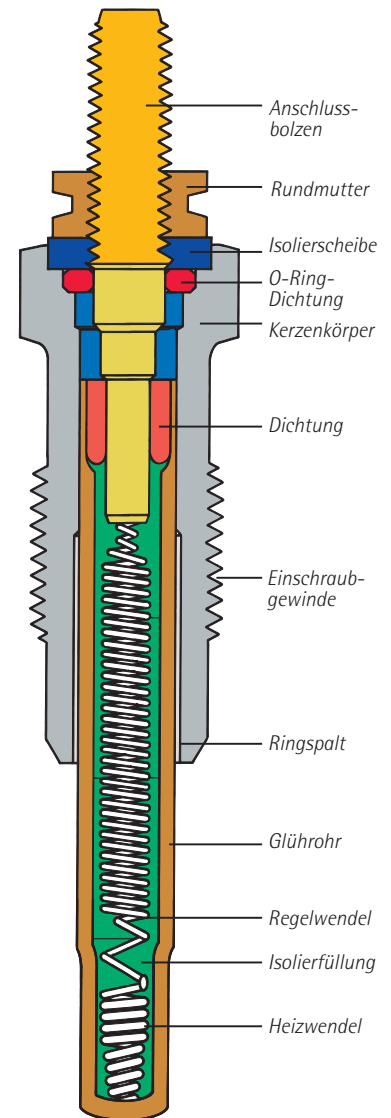
Durch verschiedene Materialien, Längen, Durchmesser und Drahtstärken der Heiz- und Regelwendel können Aufheizzeiten und Glühtemperaturen der Kerze verändert und an die Anforderungen des jeweiligen Motortyps angepasst werden.

FUNKTIONSWEISE

Beim Vorglühen fließt anfangs starker Strom über den Anschlussbolzen und die Regelwendel zur Heizwendel. Diese erhitzt sich schnell und bringt die Heizzone zum Glühen. Das Glühen breitet sich rasch aus – und nach 2–5 Sekunden glüht der Heizstab bis nahe an den Kerzenkörper. Dadurch wird die Temperatur der durch den Strom schon erhitzten Regelwendel zusätzlich erhöht. In der Folge steigt ihr elektrischer Widerstand, und der Strom wird so weit reduziert, dass der Glühstab nicht beschädigt werden kann. Ein Überhitzen der Glühkerze ist somit nicht möglich.

Erfolgt kein Start, wird die Glühkerze nach einer gewissen Bereitschaftszeit durch das Glühzeitsteuergerät abgeschaltet.

Bei BERU Glühkerzen wird eine Legierung eingesetzt, deren Widerstand über die Temperatur ansteigt. Dadurch kann die Regelwendel so ausgelegt werden, dass sie anfänglich einen höheren Strom zur Heizwendel durchlässt als bei Erreichen der Solltemperatur. Die Starttemperatur wird so schneller erreicht, und durch die stärkere Abregelung sicher im zulässigen Bereich gehalten.



Aufbau einer selbstregelnden Schnellheiz-Stabglühkerze.

Selbstregelnde Stabglühkerzen

Nachglühfähige Stabglühkerzen (GN)

Fahrzeuge älterer Bauart sind zumeist mit Glühkerzen bestückt, die lediglich vor und während der Startphase glühen. Sie sind an der Kurzbezeichnung GV zu erkennen. Moderne Diesel-Pkw laufen in der Regel mit GN-Glühkerzen vom Band. Sie sind mit dem innovativen 3-Phasen-Glühsystem ausgestattet. Das heißt, sie glühen

- vor dem Start,
- während der Startphase,
- nach dem Start und
- während dem Motorbetrieb (im Schubetrieb).

FUNKTION

Das elektronisch gesteuerte Vorglühen beginnt mit der Betätigung des Zündschloss-Anlassschalters und dauert bei normalen Außentemperaturen bis zur Startbereitschaft etwa 2–5 Sekunden. Die Nachglühzeit beträgt bis zu 3 Minuten nach dem Start des Motors, um die Schadstoff- und Geräuschemissionen zu minimieren.

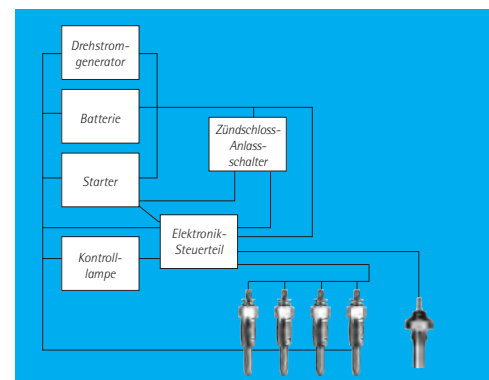
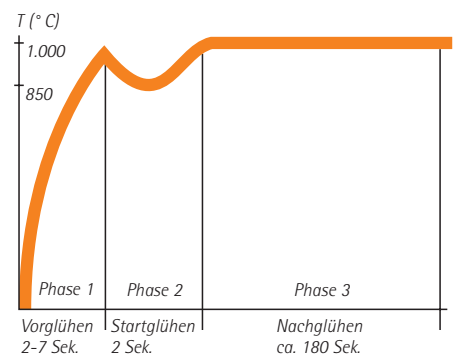
Der Motorbetriebszustand wird z. B. über die Messung der Kühlwassertemperatur erfasst. Der Nachglühvorgang dauert so lange, bis die Kühlwassertemperatur 70 °C erreicht, oder er wird nach einer im Kennfeld abgelegten Zeit abgestellt. Liegt die Kühlwassertemperatur schon vor dem Start über 70 °C, wird in den meisten Fällen nicht nachgeglüht.

SCHUTZ VOR ÜBERHITZUNG

Selbstregelnde Stabglühkerzen schützen sich vor Überhitzung, indem sie den Strom von der Batterie zur Kerze mit steigender Temperatur begrenzen. Bei laufendem Motor erhöht sich die Spannung jedoch so weit, dass Glühkerzen, die nicht für die neueste Technik konzipiert sind, durchbrennen. Dazu kommt, dass die bestromten Kerzen nach dem Start hohen Verbrennungstemperaturen ausgesetzt sind und somit von innen und außen aufgeheizt werden. Die nachglühfähigen BERU Stabglühkerzen sind bei voller Generatorspannung funktionsfähig. Ihre Temperatur steigt zwar schnell an, wird dann aber durch die neue Regelwendel auf eine Beharrungstemperatur abgeregelt, die unter derjenigen der nicht nachglühfähigen Kerzen liegt.

Wichtig: In ein für GN-Glühkerzen konzipiertes Glühsystem dürfen nur GN-Glühkerzen eingebaut werden – GV-Glühkerzen könnten nach kürzester Zeit beschädigt werden.

Die 3-Phasen-Glühtechnik.



Schaltprinzip einer nachglühfähigen Glühanlage mit vier parallel geschalteten Schnellheiz-Stabglühkerzen und Temperatursensor.

Selbstregelnde Stabglühkerzen

SCHNELLSTART IN 2 SEKUNDEN

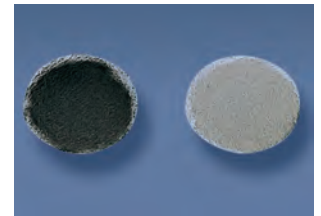
Bei der nachglühfähigen BERU GN-Glühkerze ist es gelungen, die Glühzeit auf 2–5 Sekunden zu verkürzen. Um das zu erreichen, haben die Konstrukteure den Durchmesser des Heizstabes an seinem vorderen Ende reduziert. Dadurch beginnt der Heizstab in dieser Zone sehr schnell zu glühen. Bei einer Temperatur von 0 °C dauert es gerade mal 2 Sekunden bis zum Start. Bei tieferen Temperaturen passt sich das System durch die Glühzeitregelung an die Erfordernisse an und erhöht die Glühzeit entsprechend: bei –5 °C etwa 5 und bei –10 °C rund 7 Sekunden.

VERMINDERUNG DES WEISS-/BLAURAUCHS

Bis die ideale Zündtemperatur erreicht ist, wird so genannter Weiß- oder Blaurauch aus dem Auspuff ausgestoßen. Diese Rauchentwicklung ist auf die unvollständige Verbrennung des Kraftstoffs infolge einer zu niedrigen Zündtemperatur zurückzuführen. Durch das Nachglühen wird der Diesekraftstoff in der Warmlaufphase vollständiger und geräuscharmer verbrannt. Damit verringert sich die Rauchgastrübung bis zu 40 %.

BESEITIGUNG DES KALTSTARTNAGELNS

Das Kaltstartnageln beim Diesel ist auf den vergrößerten Zündverzögerung bei kaltem Motor zurückzuführen. Der Kraftstoff entzündet sich schlagartig, der Motor nagelt. Die GN-Glühkerze bringt den Motor durch Vor- und Nachglühen schneller auf Betriebstemperatur. Das schont den Motor, führt zu einem ruhigeren Motorlauf und verhindert das Nageln. Der Kraftstoff verbrennt dann gleichmäßiger und vollständiger. Somit wird mehr Energie freigesetzt und die Brennraumtemperatur steigt schneller an.



Rußmenge im Filterpapier drei Minuten nach dem Kaltstart. Mit Nachglühen (rechts) ist die Rußmenge ca. 40 % geringer als ohne.

Technische Merkmale der GN-Glühkerze

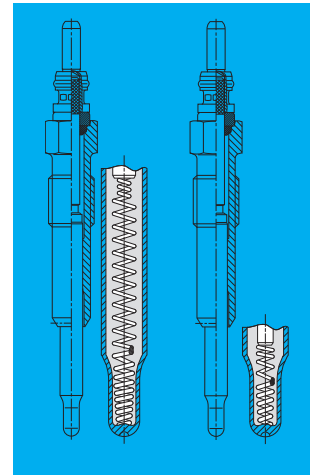
- Schnellstart-Glühkerze in schlanker Form
- Kurze Vorglühzeit: nur ca. 2–7 Sekunden
- Sicherer Start (sogar bei –30 °C)
- Umweltfreundlich: 40 % weniger Schadstoffausstoß in der Warmlaufphase
- Kein Nageln
- Ruhigerer Motorlauf
- Motor schonender Start
- Für Fahrzeuge mit bis zu 14,5 V Betriebsspannung

Das BERU Instant Start System (ISS)

Auch für Dieselfahrzeuge einen „ottomotorischen“ Schlüsselstart zu ermöglichen – das war die große Herausforderung. Die Lösung der BERU Ingenieure: das Instant Start System ISS.

Systemkonzept

Das BERU ISS besteht aus einem elektronischen Glühkerzen-Steuergerät und leistungsoptimierten Glühkerzen mit einer reduzierten Aufheizzeit von maximal 2 Sekunden – gegenüber 5 Sekunden bei einer Standard-Glühkerze (SR). Sowohl in der Aufheiz- als auch in der Beharrungsphase benötigen diese deutlich weniger Energie. Im Steuergerät werden als Schalter zur Ansteuerung der Glühkerzen Leistungshalbleiter eingesetzt, die das früher verwendete elektromechanische Relais ersetzen. Im Vergleich zur herkömmlichen selbstregelnden Glühkerze ist bei der leistungsoptimierten Glühkerze des ISS die Wendelkombination stark verkürzt und der glühende Bereich auf etwa ein Drittel reduziert. Bei direkt einspritzenden Motoren entspricht dies dem in den Brennraum hineinragenden Teil des Heizstabs.



Innerer Aufbau der selbstregelnden Standard-Glühkerze SR (links) und der leistungsoptimierten Glühkerze des ISS (rechts).

Elektronische Steuerung

Die Glühkerze wird bei laufendem Motor durch Ladungswechsel und Luftbewegung in der Kompressionsphase gekühlt. Die Temperatur der Glühkerze nimmt mit zunehmender Drehzahl bei konstanter Glühkerzenspannung und Einspritzmenge ab, bei zunehmender Einspritzmenge und konstanter Glühkerzenspannung und Drehzahl steigt sie an. Durch das elektronische Steuergerät können diese Effekte kompensiert werden: An die Glühkerzen wird immer die für den jeweiligen Betriebspunkt optimale Effektivspannung ausgegeben. Somit ist die Glühkerzentemperatur in Abhängigkeit vom Betriebszustand steuerbar. Darüber hinaus wird die Kombination der Niedervolt-Glühkerze mit dem elektronischen Steuergerät dazu genutzt, die Glühkerze extrem schnell aufzuheizen. Das geschieht, indem die volle Bordnetzspannung für eine vordefinierte Zeit an die Glühkerze gelegt wird und erst anschließend mit der notwendigen Effektivspannung getaktet gefahren wird. Die bisher übliche Vorglühzzeit wird somit bis hin zu tiefsten Temperaturen auf maximal 2 Sekunden reduziert. Der Wirkungsgrad des Systems ist so hoch, dass dem Bordnetz kaum mehr als die von der Glühkerze benötigte Leistung entnommen wird. Da beim ISS jede Glühkerze durch einen separaten Leistungshalbleiter angesteuert wird, kann in jedem Glühstromkreis der Strom separat überwacht werden. Damit ist eine individuelle Diagnose an jeder Kerze möglich.



Elektronisch gesteuertes Glühsystem ISS: Steuergerät und Glühkerzen.



Das BERU Instant Start System ermöglicht einen „ottomotorischen Schlüsselstart“ des Selbstzünders.



Technische Merkmale des ISS

- Sicherer Start selbst bei Temperaturen von -30°C
- Extrem schnelle Aufheizzeit: in 2 Sekunden werden 1.000°C erreicht
- Geringer Leistungsbedarf (wichtig insbesondere bei Motoren mit 8 oder mehr Zylindern)
- Höhere Funktionssicherheit
- Steuerbare Temperatur für Vor-, Nach-, Zwischenglühen
- Zahlreiche Diagnosefunktionen
- Sofortiger stabiler Leerlauf und saubere Lastannahme
- Minimierter Schadstoffausstoß (erfüllt EURO-IV-Norm)
- Insbesondere konzipiert für Dieselmotoren mit Direkteinspritzung
- On-Board-Diagnose-fähig

BorgWarner BERU Systems – Innovationsführer mit Drucksensor-Glühkerze PSG

Trends frühzeitig erkennen, leistungsstarke Produkte gemeinsam mit unseren Kunden entwickeln und kosteneffizient zu produzieren – das sind unsere Stärken.

INTELLIGENTE DRUCKSENSOR-GLÜHKERZE

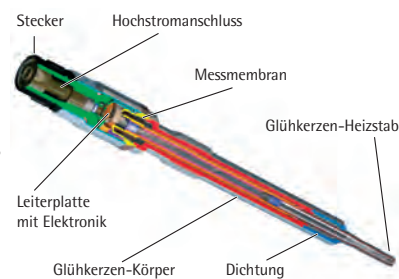
Neue, strengere Abgasgesetze in Europa und in den USA werden die zulässigen Abgasemissionen von Dieselmotoren weiter reduzieren. Die Grenzwerte der für den Dieselmotor relevanten Emissionen NO_x und Partikel liegen dabei zukünftig bis zu 90 % unter dem derzeitigen Niveau. Diese Emissionsstandards lassen sich allein mit konventionellen Lösungen nicht mehr erreichen.

Mit modernen Partikelfiltersystemen erscheint die notwendige Partikelreduzierung erreichbar. Um die NO_x -Ziele darzustellen, reichen die heutigen bekannten Nachbehandlungsmaßnahmen alleine nicht aus. Hier muss zusätzlich die Rohemission des Motors deutlich verbessert werden. Deshalb wird intensiv an alternativen Brennverfahren wie HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition), HCLI (Homogeneous Charge Late Injection), HPLI (Highly Premixed Late Injection) und DCCS (Dilution Controlled Combustion System) geforscht, die sich durch sehr niedrige NO_x -Emissionen auszeichnen.

Vor diesem Hintergrund wird die Entwicklung alternativer Verbrennungsverfahren bei allen unseren Kunden mit Nachdruck betrieben. Die notwendige sehr hohe Genauigkeit von Einspritzmenge, Einspritzzeitpunkt und Abgasrückführungsraten bei alternativen Verbrennungsverfahren macht dabei eine ständige Überwachung des Verbrennungsvorgangs erforderlich. Als Sensor bietet sich hier die Glühkerze mit ihrer Position im Brennraum in idealer Weise an.

Die BERU Entwicklungsingenieure haben hier eine intelligente Lösung erarbeitet und einen piezoresistiven Drucksensor in die Kerze integriert. Wichtiger Erfolgsfaktor ist angesichts der extrem hohen Temperaturen, Vibrationen und Druckverhältnisse im Zylinderkopf der mechanische Aufbau der Glühkerze. Der Heizstab ist nicht wie bisher üblich im Glühkerzenkörper verpresst, sondern als bewegliches Teil elastisch gelagert, und er überträgt den Druck auf eine Membran im hinteren Bereich der Glühkerze. Dadurch befindet sich der eigentliche Drucksensor fernab vom Brennraum in einem Bereich mit deutlich günstigeren Umgebungsbedingungen. Die thermische Belastung der Abdichtung bleibt beherrschbar, da ein Heizstab des BERU Diesel-Schnellstart-Systems ISS verwendet wird, der lediglich an der Spitze glüht.

Die intelligente Drucksensor-Glühkerze PSG (Pressure Sensor Glow Plug) wird bereits bei Volkswagen und Opel in der Erstausrüstung eingebaut, weitere Serienanläufe werden zeitnah in den neuesten Dieselmotoren erfolgen.



Die intelligente Drucksensor-Glühkerze PSG (Pressure Sensor Glow Plug).



Im Rahmen der EUREKA Ministerkonferenz in Ljubljana wurde die BERU Drucksensor-Glühkerze PSG mit dem EUREKA Lillehammer Award 2008 ausgezeichnet. Die europäische Initiative EUREKA für marktorientierte Forschung und Entwicklung prämiiert seit 1994 jährlich Projekte, die einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Schonung der Umwelt leisten.



Die BERU Drucksensor-Glühkerze PSG (Pressure Sensor Glow Plug) belegte in der Kategorie „Zulieferer-Innovation“ den zweiten Platz beim renommierten ÖkoGlobe-Award 2009. Mit dem ÖkoGlobe, bei dem ausschließlich ökologische Kriterien eine Rolle spielen, wurden 2009 zum dritten Mal „wegweisende Innovationen im Mobilitätsbereich“ ausgezeichnet.

BERU Glühkerzen: 5-fache Sicherheit für höchste Qualität

1. ERARBEITET IN ENGER KOOPERATION MIT DEN AUTOMOBILHERSTELLERN

Als Dieselmotoren-Spezialist und Entwicklungspartner der Automobilindustrie ist BorgWarner BERU Systems nicht nur von Anfang an in die Glühkerzen-Konzeption eingebunden, sondern sogar schon bei der Entwicklung neuer Motoren vor Ort. Dadurch kann die Einbausituation der Glühkerze im Motor exakt abgestimmt werden – und die BERU Ingenieure sind genauestens informiert, auf welche Parameter besonderer Wert gelegt wird bzw. welche Leistungsreserven die zu entwickelnde Glühkerze aufweisen muss.

2. GEFERTIGT NACH ISO-NORMEN

BERU Glühkerzen sind nach ISO Standard 7578 und 6550 ausgelegt. Diese regeln Abmessungen und Toleranzen der Geometrie, des Dichtwinkels, der Schlüsselweite, des Heizstabdurchmessers etc.

3. ENTWICKELT NACH DEN LASTENHEFTEN DER FAHRZEUGINDUSTRIE

BERU Glühkerzen entsprechen den Lastenheften der Fahrzeugindustrie, die sich je nach Fahrzeughersteller unterscheiden. So werden beispielsweise zwischen 10.000 und 25.000 Zyklen als Dauerlauf gefordert.

Darüber hinaus absolvieren BERU Glühkerzen Testläufe in der Kältekammer. Zusätzlich wird die Resistenz gegenüber Umwelteinflüssen, Kontaktstoffen, Additiven und Motorreinigern geprüft.

4. SPEZIELLEN BERU TESTS UNTERZOGEN

BERU Glühkerzen werden speziellen, den praktischen Anforderungen in Alltag und Werkstatt angepassten Testläufen unterworfen, beispielsweise durch die Simulation von Steckanschluss-Abziehkräften oder Überlast-Schnelltests. Bei diesen Überlast-Schnelltests sind die Prüfer unerbittlich: Selbst nach 3.000 Zyklen muss jeder Prüfling noch voll funktionsfähig sein.

5. NACH MODERNSTEN PRODUKTIONSMETHODEN GEFERTIGT

Die Fertigung der modernen extrem langen und schlanken Glühkerzen für Dieselmotoren mit Direkteinspritzung stellt besondere Anforderungen. Der Durchmesser des Glührohrs muss exakt am Brennraum ausgerichtet sein. Der Glühstab muss in genau dimensionierter Länge in den Brennraum ragen – nur so ist gewährleistet, dass durch die Verwirbelung keine zusätzlichen schädlichen Abgase entstehen. Auch muss das Temperaturverhalten der Glühkerze exakt auf die Brennraumgestaltung abgestimmt sein – und die Stromaufnahme der Glühkerzen muss genau auf das vorhandene Bordnetz zugeschnitten werden. Nur auf modernsten Produktionsanlagen, wie sie von BorgWarner BERU Systems betrieben werden, können diese schlanken Glühkerzen in der geforderten Qualität gefertigt werden.

Billig-Konstruktionen – darauf sollten Sie verzichten

2-WENDEL-OPTIK, ABER NUR 1-WENDEL-TECHNIK

Nur eine 2-Wendel-Glühkerze erreicht die von den Automobilherstellern geforderte kurze Aufheizzeit und Temperaturbeständigkeit. Da die zweite Wendel jedoch von außen nicht auf Antrieb zu erkennen ist, sparen sich manche Hersteller die so genannte Regelwendel. Durch die fehlende Abregelung des Glühstroms wird die Batterie beim Start über Gebühr belastet – und weil die Aufheizung nicht in der vorgeschriebenen Zeit erreicht wird, springt das Fahrzeug nicht oder nur mühsam an. (Siehe dazu Abbildung 3.)

HEIZSTAB-BEFÜLLUNG MIT MINDERWERTIGEM ISOLATIONSPULVER

Anstatt des von BorgWarner BERU Systems eingesetzten Magnesiumpulvers, das fest verdichtet und vor dem Einbringen getrocknet wird, kommt bei Billig-Glühkerzen zumeist nur ein lockeres, teilweise verunreinigtes und ohne Trocknung eingebrachtes Isolationspulver zum Einsatz. Fatale Folge: Beim ersten Glühen dehnt sich das Pulver stark aus, das Glührohr wird aufgebläht. Ein Glühkerzen-Ausbau ist dann nur durch Demontage des Zylinderkopfes möglich! (Siehe dazu Abbildung 9.)

HEIZWENDEL NICHT AM ANSCHLUSSSTIFT ZENTRIERT UND VERCRIMPT

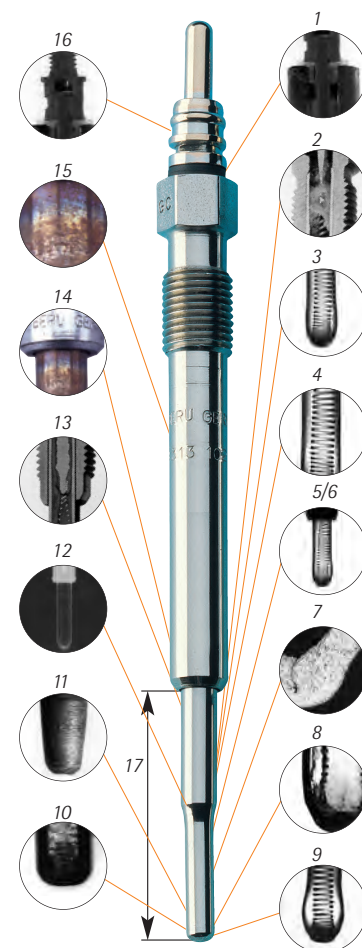
Auch hier zeigt sich die Produktionsqualität: Nur mit modernsten Fertigungsmaschinen kann der Anschlussstift exakt zentriert und vercrimpt werden. Zweifelhafte Hersteller behelfen sich damit, die Heizwendel lediglich auf den Anschlussstift aufzuschieben. Damit kann jedoch die erforderliche Kurzschlussicherheit nicht garantiert werden. (Siehe dazu Abbildung 5 und 13.)

MANGELHAFT KONTAKTIERUNG

Bei Glühkerzen minderer Qualität entspricht die Lage der Rastnasen für den elektrischen Anschluss nicht den OE-Vorgaben. Zwar sieht der Anschluss dem der Original-Glühkerzen ähnlich, der Kontakt rastet jedoch nicht richtig ein. Dadurch ist die elektrische Verbindung zur Glühkerze nicht gewährleistet. Auch am Material der Anlussteile wird teilweise gespart – auf Kosten der Kontaktierung. (Siehe dazu Abbildung 16.)

GLÜHROHR NICHT EXAKT VERSCHWEISST

Viele Billig-Hersteller verfügen nicht über die Produktionstechnik, um ein Glührohr exakt zu verschweißen. Die Folge: Haarrisse im Glührohr – und dadurch Undichtigkeiten, die wiederum zu Kurzschlüssen führen können.



Woran Sie minderwertige Glühkerzen erkennen

Symptom	Gefahr	Symptom	Gefahr
1 Einfache Abdichtung	Nicht wasserdicht	11 Glührohrspitze abgedreht, Heizstab zu dünn	Abzndern, geringere Lebensdauer
2 Befüllung mit minderwertigem Magnesiumpulver	Schlechte Isolierung, Aufblähung des Glührohrs	12 Glühspirale nicht richtig ausgelegt	Batterieüberlastung durch zu hohe Stromaufnahme, dadurch droht Abbrennen der Glühzeitsteuergerätekontakte; So wird die Lebensdauer beeinträchtigt oder die Funktion verhindert
3 2-Wendel-Technik erforderlich, jedoch nur eine Wendel verbaut	Charakteristisches Profil entspricht nicht den Herstellervorgaben	13 Glühwendel schräg montiert	Kurzschluss
4 Wandstärke nicht durchgängig	Glühstab brennt durch	14 Konus nicht passend zum Zylinderkopf	Dichtprobleme, zerstörter Zylinderkopf
5 Wendel schräg im Glührohr	Kurzschluss	15 Oberfläche ohne Oberflächenschutz	Festrosen in der Bohrung
6 Glühstab nicht zentriert, dadurch kein Rundlauf: Die Glühkerze sitzt schräg in der Vor- oder Wirbelkammer	Die Glühkerze wird vom Einspritzstrahl „zerschossen“ und brennt ab	16 Gewindehülse nur aufgesteckt	Lockerung und Unterbrechung der Stromzufuhr, Wackelkontakt
7 Heizstab mit Haarrissen	Durchbrennen	17 Vorsteßmaß nicht nach Herstellerangaben	Wenn Vorsteßmaß zu lang: Glühkerze wird vom Einspritzstrahl „zerschossen“ und brennt ab. Wenn zu kurz: Startprobleme
8/9 Heizstabspitze mit undichtem und/oder feucht eingebrachtem Magnesiumpulver befüllt	Kurzschluss, Aufblähen des Glühstabes, verringerte Lebensdauer		
10 Kuppe angebohrt, nicht ordentlich durchgeschweißt	Durchbrennen		

Ausfallursachen von Stabglühkerzen

Bei warmem und trockenem Wetter startet der Diesel, auch wenn eine Glühkerze defekt ist und nur die restlichen Kerzen vorglühen. Zwar ist der Start dann meistens mit erhöhtem Schadstoffausstoß und eventuell auch mit Nageln verbunden, der Autofahrer nimmt diese Zeichen jedoch nicht bewusst wahr oder weiß sie nicht richtig zu deuten. Die böse Überraschung kommt dann, wenn es kalt und klamm wird und der erste Nachtfrost einsetzt: Die „Wärmespende“ des Dieselmotors funktioniert nicht mehr und bestenfalls startet er schlecht und raucht – wahrscheinlicher jedoch geht gar nichts mehr. Im Folgenden werden typische Schäden gezeigt und ihre verschiedenen Ursachen aufgelistet. Mit dieser Diagnosehilfe ist in den meisten Fällen eine schnelle Fehlerbeseitigung möglich.

BERU Garantie:
Wenn keine der hier angegebenen Ausfallursachen in Frage kommt, schicken Sie die Kerze zur Prüfung bitte an die BorgWarner BERU Systems GmbH, Ludwigsburg. Sollte es sich um einen Material- oder Fertigungsfehler handeln, werden wir Ihnen die Kerze selbstverständlich ersetzen.



HEIZSTAB MIT FALTEN UND DELLEN

Ursachen:

- Wendelunterbrechung durch
- a) Betrieb mit zu hoher Spannung, z. B. bei Starthilfe
- b) zu lange Stromzufuhr durch ein hängendes Relais
- c) unzulässiges Nachglühen bei laufendem Motor
- d) Verwendung einer nicht nachglühfähigen Glühkerze

Abhilfemaßnahmen:

- a) Starthilfe nur mit 12-Volt-Bordnetz.
- b)/c) Vorglühanlage prüfen, Glühzeitrelais auswechseln.
- d) Nachglühfähige Glühkerze einbauen.



HEIZSTAB AN- ODER ABGESCHMOLZEN ODER ABGEBROCHEN

Ursachen:

- Überhitzung des Heizstabes durch
- a) zu frühen Spritzbeginn
- b) verkockte oder verschlissene Düsen
- c) Motorschaden, z. B. durch Kolbenfresser, Ventilbruch etc.
- d) tropfende Düsen
- e) festsitzende Kolbenringe

Abhilfemaßnahmen:

- a) Einspritzzeitpunkt exakt einstellen.
- b) Einspritzdüsen reinigen.
- c) Strahlbild prüfen.



HEIZSTABSPITZE BESCHÄDIGT

Ursachen:

- Überhitzung des Heizstabes durch
- a) zu frühen Spritzbeginn, wobei Heizstab und Heizwendel überhitzt werden; die Heizwendel versprödet und bricht.
- b) zugezogenen Ringspalt zwischen Kerzengehäuse und Heizstab; in der Folge fließt zu viel Wärme vom Heizstab ab, die Regelwendel bleibt kalt und lässt zu viel Strom zur Heizwendel durch, die dadurch überhitzt wird.

Abhilfemaßnahmen:

- a) Einspritzanlage prüfen, Einspritzzeitpunkt exakt einstellen.
- b) Beim Einschrauben einer Glühkerze unbedingt das vom Kfz-Hersteller vorgeschriebene Anzugsdrehmoment einhalten.



ANSCHLUSSBOLZEN ABGERISSEN, SECHSKANT BESCHÄDIGT

Ursachen:

- a) Anschlussbolzen-Abriss: Die Strom-Anschlussmutter wurde mit zu hohem Drehmoment angezogen.
- b) Beschädigter Sechskant: Einsatz von nicht sachgerechtem Werkzeug; die Kerze hat durch Verformung einen Kurzschluss vom Gehäuse zur Rundmutter.

Abhilfemaßnahmen:

- a) Strom-Anschlussmutter mit Drehmomentschlüssel anziehen. Dabei Anzugsdrehmoment beachten. Gewinde weder ölen noch fetten.
- b) Kerze mit passendem Drehmoment-Steckschlüssel anziehen. Dabei vorgeschriebenes Anzugsdrehmoment exakt einhalten (es kann aus den Vorschriften der Kfz-Hersteller entnommen werden).



Tipps für die Werkstatt

Glühkerzen-Testgerät: Prüfen ohne Kerzenausbau

Mit dem neuen BERU Glühkerzen-Tester können Sie jetzt Stahl- und Keramikglühkerzen in Fahrzeugen mit 12 Volt Bordnetzspannung einfach, schnell und zuverlässig prüfen – einzeln, ohne Ausbau und ohne Motorstart.

Der neue BERU Glühkerzen-Schnelltester bietet in der Werkstatt-Praxis vielfältige Vorteile:

- Zuverlässige, schnelle und wirtschaftliche Prüfung, da kein Ausbau und kein Motorstart notwendig
- Keine Voreinstellung der Glühkerzen-Type (Stahl oder Keramik) nötig
- Automatische Erkennung des Spannungswertes der Glühkerze (von 3,3–15 Volt)
- Prüfung unter Realbedingungen
- Einfache Bedienung
- Testmöglichkeit jeder einzelnen Glühkerze
- Analoge Anzeige von Aufheizung und Stromabregelung (Vergleichsmöglichkeit einzelner Glühkerzen bezüglich Stromaufnahme und Regelverhalten)
- Kurzschluss- und Verpolungsschutz
- Überspannungsschutz (Glühkerzenüberwachung zusätzlich über autarke Schaltung)
- Kennliniengesteuerter Prüfablauf wie in Elektroniksteuergeräten
- Erkennung von Wackelkontakten durch Prozessor, dann nochmalige Prüfung
- Im Tester integrierte spezielle Microcontroller-Software

Mehr Infos finden Sie unter www.besser.beru.com

Das BERU Glühkerzen-Testgerät gehört in jede Werkstatt.



Unser Tipp:
Prüfen Sie die Glühkerzen alle 75.000–100.000 km mit dem Glühkerzen-Schnelltester. Bei Defekten oder eingeschränkter Funktionsfähigkeit sollten Sie am besten gleich den ganzen Glühkerzensatz austauschen.

Die Erfahrung zeigt: Glühkerzen erreichen meist kurz nacheinander ihre Verschleißgrenze – und wenn Anschlussleitungen und Stromschienen bereits entfernt sind, kommt der Wechsel des kompletten Satzes preiswerter, als wenn kurze Zeit später der Austausch weiterer Kerzen vorgenommen werden muss.

So startet der Diesel wieder schnell und sicher

Das Problem	Die Ursache	Die Lösung von BERU Systems
Qualmender Start Rauchentwicklung	Glühkerze mit nur einer Wendel zu geringe Temperatur	BERU Glühkerze in 2-Wendel-Technik einsetzen (durch Heiz- und Regelwendel wird eine höhere Temperatur bei geringerer Aufheizzeit erreicht)
Nagelnde Startphase	Glühkerze ohne Abregeleffekt und ohne Wärmereserve	BERU nachglühfähige Glühkerze für bessere und schnellere Wärmezufuhr einbauen
Batterieerschöpfender langer Start	Glühkerze kommt zu langsam auf Temperatur, Aufheizzeit zu lange	Exakt auf den Motor und das 3-Phasen-Glühsystem (Vorglühen–Startglühen–Nachglühen) abgestimmte BERU GN-Glühkerze einbauen
Motor läuft schwer und unrund an	Glühkerze mit zu niedriger Endtemperatur	
Motor läuft erst nach mehreren Startversuchen an	Glühkerze defekt	
Motor läuft nur unter starker Geruchsbelästigung an	Die elektrischen Werte der Glühkerze sind nicht richtig ausgelegt	
Der Glühstab ist angeschmolzen oder abgezündert	Die Wandstärke des Heizstabes ist zu gering (oftmals bei Billig-Glühkerzen der Fall)	
Der Glühstab ist abgeschmolzen	Die Einspritzdüse ist defekt	Düsenhalter durch BERU Austausch-Düsenhalter ersetzen

Tipps für die Werkstatt

Drehmomente

Wichtig beim Glühkerzen-austausch: Drehmomente beachten!

Glühkerzen-Gewinde	Bruchdrehmoment
8 mm	20 Nm
9 mm	22 Nm
10 mm	35 Nm
12 mm	45 Nm

BRUCHDREHMOMENT

Bei der Demontage von Glühkerzen ist das Bruchdrehmoment einzuhalten.

WAS TUN, WENN DAS BRUCHDREHMOMENT ERREICHT IST?

Dann keinesfalls weiterdrehen – die Glühkerze könnte sonst abbrechen. Stattdessen nach dem 3-Punkte-Programm Anheizen – Anlösen – Ausdrehen vorgehen:

1. Anheizen: Motor warmfahren bzw. intakte Glühkerzen mit einem separaten Kabel 4–5 Minuten bestromen – dadurch wird die Glühkerze aufgeheizt und freigebrannt.
2. Anlösen: Rostlösemittel oder Multifunktionsöl großzügig an den Gewindeansatz der Glühkerze auftragen und ca. 5 Min. wirken lassen.
3. Ausdrehen: Anschließend weiteren Ausschraubversuch starten und die Glühkerze vorsichtig mit dem geeigneten Werkzeug aus dem Zylinderkopf lösen. (Maximallösemoment – siehe Tabelle oben – dabei nicht überschreiten. Unbedingt vor dem Erreichen des Bruchdrehmoments unterbrechen, notfalls weiteren Versuch durch Anheizen starten.)

Nach dem Ausschrauben der alten Glühkerzen sollten unbedingt das Gewinde, der Kegeldichtsitz und der Glühkerzenkanal im Zylinderkopf mit dem entsprechenden Werkzeug gereinigt werden. (siehe unten).

ANZUGSDREHMOMENT

Beim Einschrauben der neuen Glühkerzen ist das vom Fahrzeughersteller vorgeschriebene Drehmoment zu beachten.

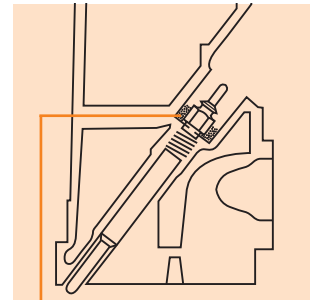
Hinweis: Bei Glühkerzen mit Schraubanschluss muss auch das Anzugsdrehmoment der Anschlussmutter beachtet werden.

Insbesondere nach dem Verbacken (Verkoken) zwischen Glühstab und Zylinderkopf weist die Zylinderkopfbohrung häufig Verbrennungsrückstände oder Schmutzpartikel auf. Bei Zylinderköpfen mit 10-mm-Gewinde können diese Verkokungen einfach und sicher entfernt werden – mit der BERU Reibahle (Bestell-Nr. 0 890 100 003).

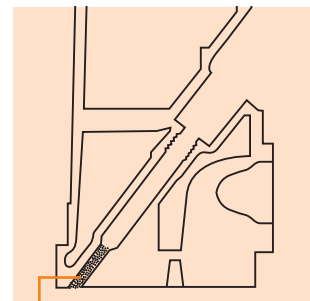
BERU Reibahle: für eine schnelle und sichere Zylinderkopfbohrung

UND SO FUNKTIONIERT'S:

- Glühkerzenbohrung mit Lappen vorreinigen.
- BERU Reibahle im Schneidenbereich mit Fett bestreichen und in den Zylinderkopf einschrauben: Die Verbrennungsrückstände bleiben am Fett kleben und werden beim Ausschrauben des Werkzeugs abtransportiert.
- Anschließend kann die neue Glühkerze problemlos montiert werden (bitte wieder Anzugsdrehmoment beachten!).
- Vor Einbau der Glühkerzen diese im Schaft- und Gewindebereich mit GK Fett einfetten.



Hier Synthetiköl einspritzen.



Diese Verbrennungsrückstände können mit der BERU Reibahle entfernt werden.



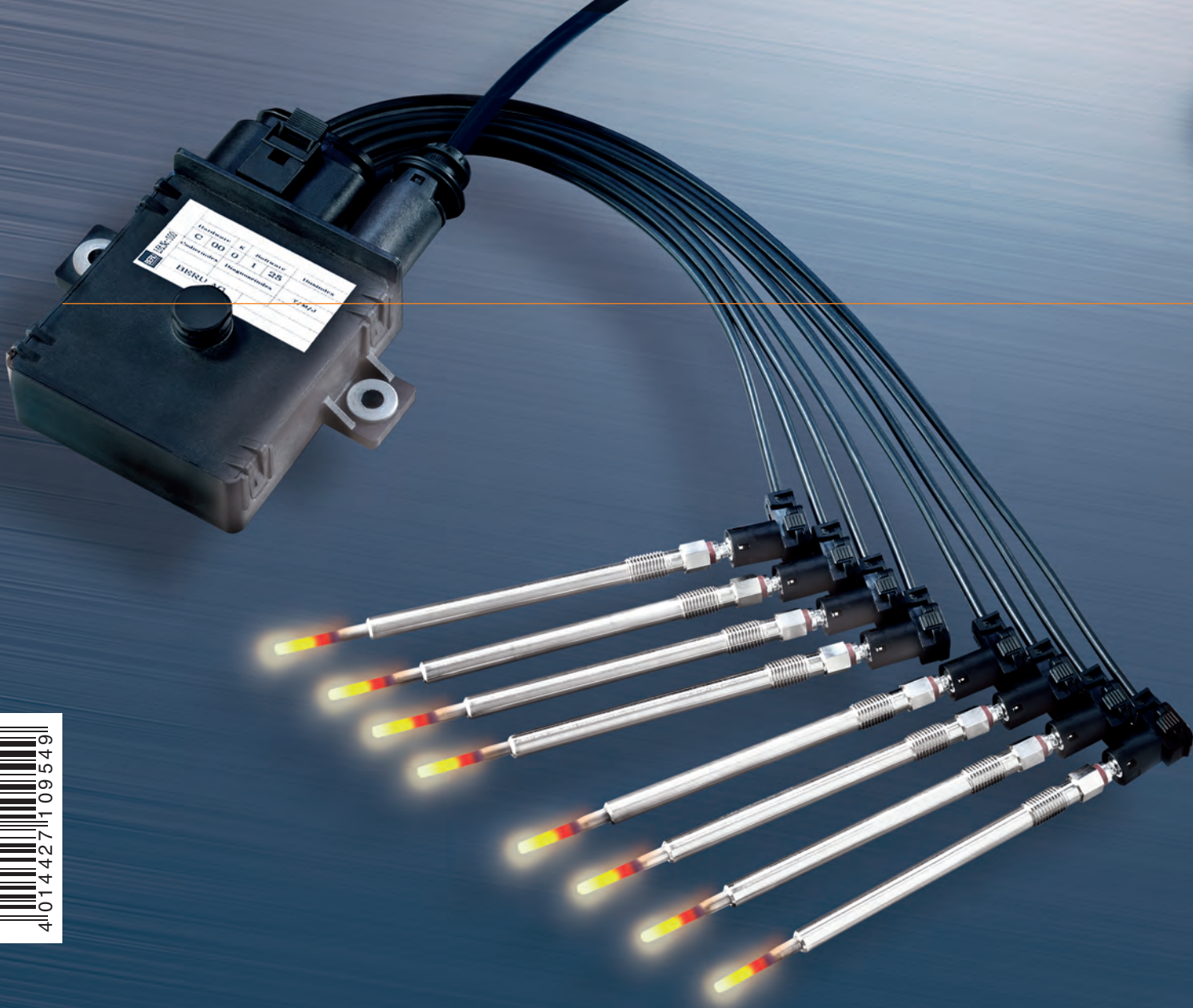
Demontage und Montage von Glühkerzen grundsätzlich mit einem Drehmomentschlüssel durchführen.



Die BERU Reibahle – löst Verkokungen, die nach dem „Verbacken“ zwischen Glühkerze und Zylinderkopf entstehen können.



Printed in Germany - 05.05.11 - Bestell-Nr.: 5 100 006 001



 **BorgWarner**



A BorgWarner
Business

BorgWarner
BERU Systems GmbH
Mörikestraße 155
71636 Ludwigsburg/Germany
Tel.: +49(0)7141 132 0
Fax: +49(0)7141 132 350
E-Mail: service@beru.com
www.beru.com