

# Alles über Glühkerzen

Technische  
Information  
Nr. 04



# Inhaltsverzeichnis

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

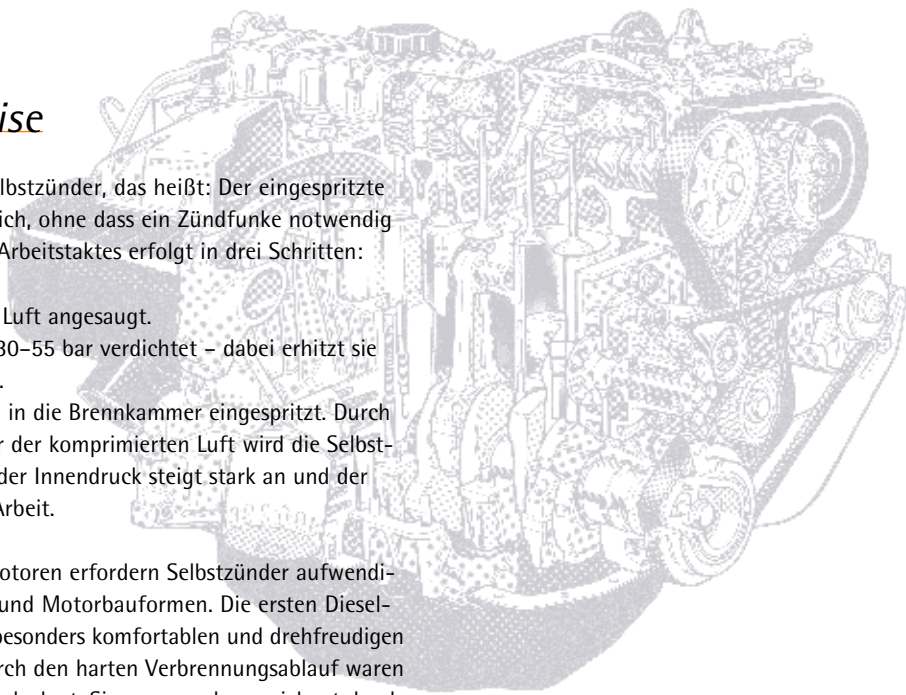
1. Zunächst wird reine Luft angesaugt.
2. Diese Luft wird auf 30–55 bar verdichtet – dabei erhitzt sie sich auf 700–900 °C.
3. Dieseldieselkraftstoff wird in die Brennkammer eingespritzt. Durch die hohe Temperatur der komprimierten Luft wird die Selbstzündung ausgelöst, der Innendruck steigt stark an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

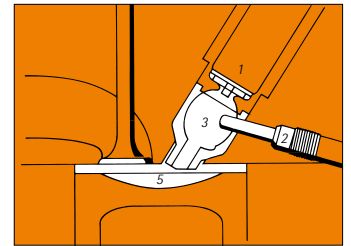
Je nach Bauart und Anordnung des Brennraums unterscheidet man bei Dieselmotoren folgende Einspritzsysteme:

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.

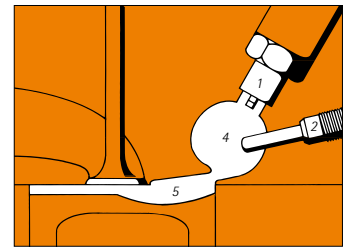
### VORKAMMERSYSTEM

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.



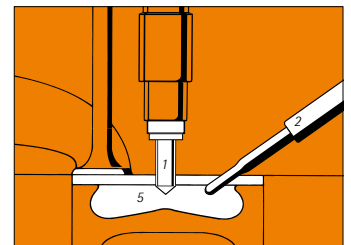
### WIRBELKAMMERVERFAHREN

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 Dieselkraftstoff eingespritzt. Die Verbrennung beginnt in der Wirbelkammer und greift dann auf den Hauptbrennraum über.



### 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.



Beim Kaltstart gilt generell: Kalte angesaugte Luft führt zu niedrigeren Temperaturen am Ende der Kompression. Im Fahrbetrieb ist die Temperatur der verdichteten Luft für die Selbstzündung hoch genug. Zum Start des Motors reicht diese jedoch speziell bei niederen Außentemperaturen nicht mehr aus. Gravierender jedoch sind die niedrigen Startdrehzahlen. Durch die lange Verweildauer der Ladung ist der Druck- und Temperaturverlust viel höher als z. B. bei Leerlaufdrehzahlen.

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

# 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

Pkw-Dieselmotoren mit Vor- oder Wirbelkammer-Einspritzung sowie Direkteinspritzer mit 2-Ventil-Technik bieten in der Regel 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 Temperaturauslegung 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 BERU 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 nur noch max. 2 Sekunden), sicherer Start bis  $-30\text{ °C}$ , 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 Anschlussbolzen 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.

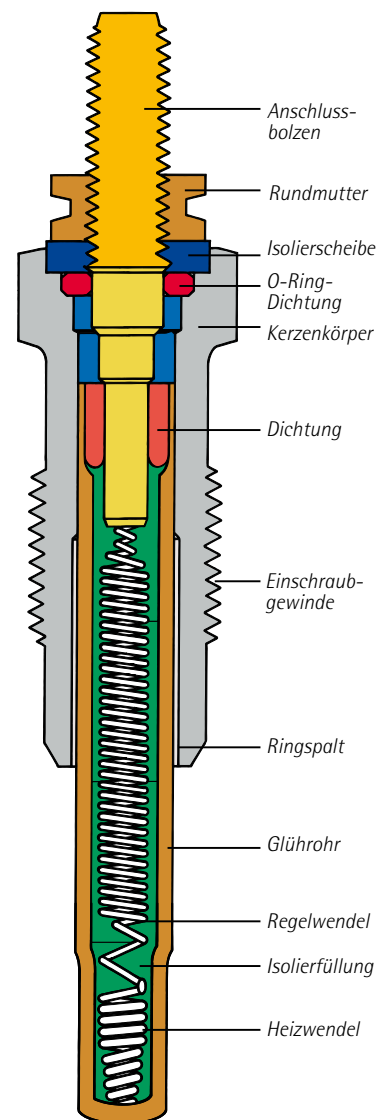
Durch verschiedene Materialien, Längen, Durchmesser und Drahtstärken der Heiz- und Regelwendel können Aufheizzeiten und Glühtemperaturen der Kerze verändert und an die Anforderungen des jeweiligen Motortyps angepasst werden.

### 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 2-7 Sekunden. Die Nachglühzeit beträgt bis zu 3 Minuten nach dem Start des Motors, um die Schadstoff- und Geräuschemissionen zu minimieren.

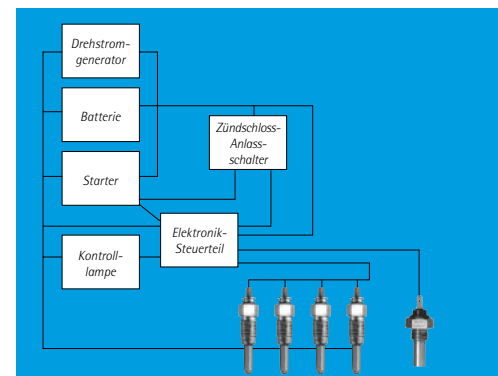
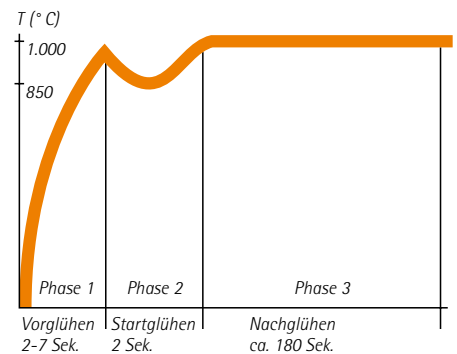
Der Motorbetriebszustand wird z. B. über die Messung der Kühlwassertemperatur erfasst. Der Nachglühvorgang dauert so lange, bis die Kühlwassertemperatur ca. 70 °C erreicht oder er wird nach einer im Kennfeld abgelegten Zeit abgestellt. Liegt die Kühlwassertemperatur schon vor dem Start darüber wird in 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 2–7 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: ca. 40 % weniger Schadstoffausstoß in der Warmlaufphase
- Kein Nageln
- Ruhigerer Motorlauf
- Motor schonender Start
- Für Fahrzeuge mit bis zu 14,5 V Betriebsspannung

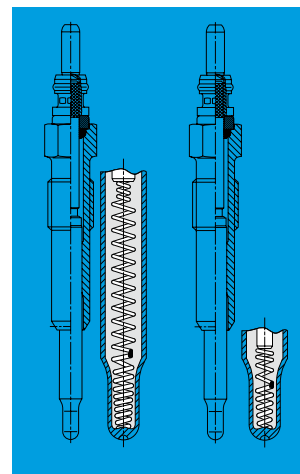


# Das BERU Instant Start System (ISS)

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 ca. 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 direkteinspritzenden 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 Vorglühzeit 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 1-2 Sekunden werden 1.000 °C erreicht
- Geringer Leistungsbedarf (wichtig insbesondere bei Motoren mit 6 oder mehr Zylindern)
- Höhere Funktionssicherheit
- Steuerbare Temperatur für Vor-, Nach- und Zwischenglühen
- Zahlreiche Diagnosefunktionen
- Sofortiger stabiler Leerlauf und saubere Lastannahme
- Minimierter Schadstoffausstoß
- Insbesondere konzipiert für Dieselmotoren mit Direkteinspritzung
- On-Board-Diagnose-fähig

# BERU – Innovationsführer mit Drucksensor-Glühkerze PSG

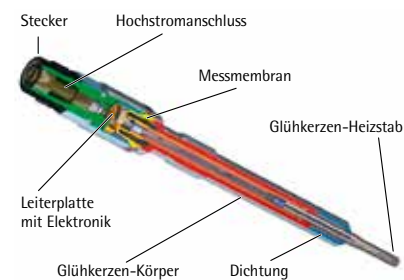
## INTELLIGENTE DRUCKSENSOR-GLÜHKERZE

Neue, strengere Abgasgesetze in Europa und in den USA werden die zulässigen Abgasemissionen von Dieselmotoren weiter reduzieren. Diese Emissionsstandards lassen sich allein mit konventionellen Lösungen nicht mehr erreichen.

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 im Volkswagenkonzern und bei Opel in der Erstausrüstung eingebaut, weitere Serienanläufe werden zeitnah in den neuesten Dieselmotoren erfolgen.

Weitergehende Informationen über die Druckgeber-Glühkerze PSG erhalten Sie in der Broschüre „Neue Glühkerzen-Technologie vom Weltmarktführer“.



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

# BERU – Keramikglühkerzen (CGP)

## STARKE INNERE WERTE

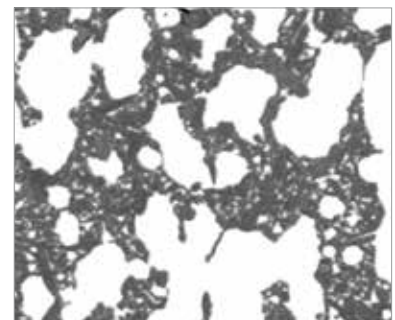
Entscheidend für die Leistungsfähigkeit der BERU Keramikglühkerzen ist die Zusammensetzung ihres Werkstoffs: eine hochfeste Siliciumnitridkeramik, die in einem Durchdringungsgefüge das elektrisch leitende Molybdändisilicid einschließt. Dieses Material hält Drücken von bis zu 200 bar und Temperaturen bis 1.300 °C stand – in unterschiedlichen im Brennraum vorherrschenden Gasatmosphären (Umluft, Diesel, Sauerstoff, Wasser usw.).

## AUF DIE SPITZE GETRIEBENE LEISTUNG

Neben kurzen Aufheizzeiten bietet die patentierte Bauweise mit der außen liegenden Heizzone auch eine optimierte Regelung. Da sich die Heizleistung der Kerze an der Spitze des Keramikelements konzentriert, wird weniger Energie zum Erzeugen der für den Motorstart erforderlichen Temperatur benötigt, was wiederum den Kraftstoffverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen Glühkerzen senkt. Der Widerstand innerhalb des Regelsystems erhöht nicht nur die Betriebssicherheit, sondern gewährleistet auch zu jedem Motorbetriebspunkt die bestmögliche Energiebilanz für die BERU Keramikglühkerze. Dies trägt ebenfalls zu einer Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen bei.

## EIN EXKLUSIVER PROZESS

Die Produktion der BERU Keramikglühkerzen erfolgt nach patentierten Großserienverfahren. Das keramische Heizelement wird im Extrusions- und Spritzguss-Verfahren hergestellt. Im Weiteren folgen die Prozessschritte Entbindern, Sintern und die Hartbearbeitung zur Erzeugung der zum Einbau in den Metallkörper nötigen engen Toleranzen. Dazu sind mehrere Schleifvorgänge erforderlich, die wegen der extremen Materialhärte und -festigkeit nur mit Diamantwerkzeugen durchgeführt werden können. Die Kontaktierung des keramischen Heizstifts wird mit speziellen Hochtemperaturverfahren vollflächig vorgenommen, womit die hohe Widerstandsfähigkeit gegen Schwingungen und Temperaturwechsel erreicht wird. Durch die Kombination aus hochfestem Material, innovativem Aufbau und modernsten Produktionsverfahren bieten BERU Keramikglühkerzen herausragende Eigenschaften.



Mikrostruktur der BERU Glühkerzenkeramik mit festigkeitsbildenden Siliciumnitridstäbchen und weißen Molybdändisilicid-Körnern, welche die elektrisch leitende, dreidimensionale Struktur aufbauen.



Das Heizelement besteht aus einer elektrisch leitfähigen Vollkeramik. Weil diese an der Oberfläche einen höheren spezifischen Widerstand hat als das Hin- und Rückleitermaterial, glüht der Glühstab nur an der Spitze (Kappe) und erreicht somit schneller hohe Temperaturen. Die Glühstiftkontaktierung setzt sich aus einem Innen- und Außenleiter und einem dazwischen liegenden Isolator zusammen.

# BERU Glühkerzen: 5-fache Sicherheit für höchste Qualität

## 1. ERARBEITET IN ENGER KOOPERATION MIT DEN AUTOMOBILHERSTELLERN

Als Dieselmotoren-Spezialist und Entwicklungspartner der Automobilindustrie ist BERU 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 9001, 14001 und 16949 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 BERU 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 BERU eingesetzten Magnesitpulvers, 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

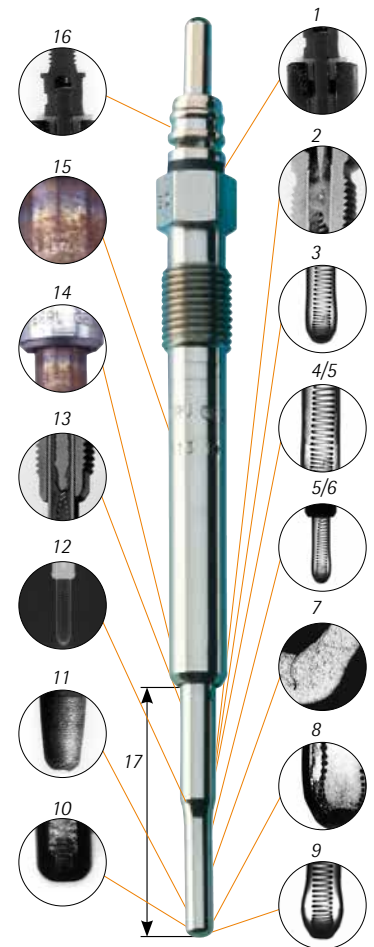
Auch hier zeigt sich die Produktionsqualität: Nur mit modernsten Fertigungsmaschinen kann der Anschlussstift exakt zentriert und vercrimpt werden. Zweifelhafte Hersteller behelfen sich damit, die Heizwendel lediglich auf den Anschlussstift aufzuschieben. Damit kann jedoch die erforderliche Kurzschlussicherheit 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 Anschlussteile 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 (Siehe dazu Abbildung 7. und 10.).



### Woran Sie minderwertige Glühkerzen erkennen

Symptom	Gefahr	Symptom	Gefahr
1 Einfache Abdichtung	Nicht wasserdicht	11 Glührohrspitze abgedreht, Heizstab zu dünn	Abzundern, geringere Lebensdauer
2/9 Befüllung mit minderwertigem Magnesimpulver	Schlechte Isolierung, Aufblähung des Glührohrs	12 Nicht richtig konzipierte Glühwendel	Batterieüberlastung durch zu hohe Stromaufnahme, dadurch droht Abbrennen der Glühzeitsteuergeräte-Kontakte: 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	5/13 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	Festfrost 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 Hülse nur aufgeschoben	Lockerung und Unterbrechung der Stromzufuhr, Wackelkontakt
7 Heizstab mit Haarrissen	Durchbrennen	17 Vorstehmaß nicht nach Herstellerangaben	Wenn Vorstehmaß zu lang: Glühkerze wird vom Einspritzstrahl „zerschossen“ und brennt ab. Wenn zu kurz: Startprobleme
8/9 Heizstabspitze mit unverdichtetem und/oder feucht eingebrachtem Magnesimpulver 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 unangenehme 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 innerhalb der Garantiezeit zur Prüfung bitte über Ihren BERU Fachhändler an BERU, 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 Bordnetzspannung.
- 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 bzw. erneuern.
- c) Strahlbild prüfen.
- d) Einspritzdüse instand setzen oder erneuern
- e) Für freigängige Kolbenringe sorgen



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





# Tipps für die Werkstatt

## *Glühkerzen-Testgerät: Prüfen ohne Kerzenausbau*

Mit dem 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-Tester 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
- Testmöglichkeit jeder einzelnen Glühkerze
- Analoge Anzeige von Aufheizung und Stromabregelung
- Kurzschluss-/Verpolungs- und Überspannungsschutz
- Erkennung von Wackelkontakten durch Prozessor, dann nochmalige Prüfung
- Im Tester integrierte spezielle Microcontroller-Software  
u.v.m.. Mehr Infos unter [www.beru.federalmogul.com/de](http://www.beru.federalmogul.com/de)

Das BERU Glühkerzen-Testgerät gehört in jede Werkstatt.



**Unser Tipp:**  
Prüfen Sie die Glühkerzen ab 60.000 km min. einmal jährlich mit dem Glühkerzen-Tester. Bei Defekten oder eingeschränkter Funktionsfähigkeit sollten Sie am besten gleich den ganzen Glühkerzensatz austauschen und dabei das Vorglührelais bzw. das Glühzeitsteuergerät auf Funktion prüfen.

## *Hinweise für Glühzeitsteuergeräte / Vorglührelais*

Beim Glühkerzenwechsel kommt dem Vorglühsteuergerät meist zu wenig Aufmerksamkeit zu teil, obwohl dieses über einen langen Zeitraum, mit zigtausend Glühzyklen unter teils extrem widrigen Bedingungen die Glühkerzen exakt ansteuert.

### **Fehlerquelle:**

Die fahrzeugspezifischen Anschlussstecker, und hier im Besonderen der Hauptstromanschluss, weisen häufig einen Schaden durch Hitzeentwicklung auf. Diese Hitzeschäden sind auf eine schleichende Erhöhung des Übergangswiderstandes an den Steckverbindungen zurückzuführen.

### **Werkstatt Tipp:**

Sollten bei der Überprüfung Anzeichen einer unzulässigen Erwärmung erkannt werden, so ist nicht nur das Glühzeitsteuergerät sondern auch der dazugehörige Anschlusskontakt zwingend zu ersetzen um einen erneuten Ausfall der Vorglühanlage zu vermeiden.

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.

### **Fehlerquelle:**

Innere Fehler aufgrund von Motorvibrationen, thermischer Wechselbelastungen (Motortemperatur kalt/warm), austretende Kühlflüssigkeit und Öl, welche die Lebensdauer ebenfalls stark einschränken können.

### **Werkstatt Tipp:**

Im Rahmen dieser wichtigen Überprüfungen kann das Glühzeitsteuergerät ohne großen Arbeitsaufwand gleich mit getauscht werden.

## *So startet der Diesel wieder schnell und sicher*

Das Problem	Die Ursache	Die Lösung von BERU	
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	
Batteriereschöpfender 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 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 / Injektor (eventuell auch im Austausch) ersetzen



# Tipps für die Werkstatt

## Drehmomente

**Wichtig beim Glühkerzen-austausch: Drehmomente beachten!**

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

### BRUCHDREHMOMENT

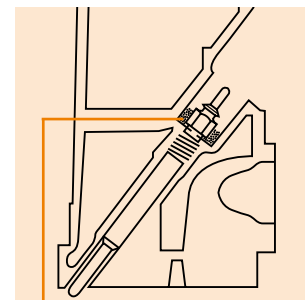
Bei der Demontage von Glühkerzen ist das Bruchdrehmoment einzuhalten.

### WAS TUN, WENN DAS BRUCHDREHMOMENT ERREICHT IST?

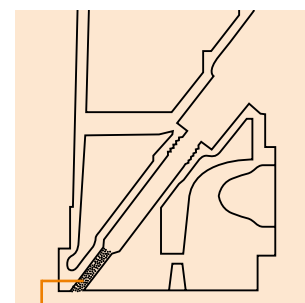
Dann keinesfalls weiterdrehen – die Glühkerze könnte sonst abbrechen. Stattdessen nach dem 3-Punkte-Programm Anlösen – Anheizen – Ausdrehen vorgehen:

1. Anlösen: Synthetiköl großzügig an den Gewindeansatz der Glühkerze auftragen und möglichst über Nacht oder länger wirken lassen.
2. Anheizen: Motor warmfahren bzw. intakte Glühkerzen mit einem separaten Kabel 4–5 Minuten bestromen (nur bei Glühkerzen mit 11–12 V Betriebsspannung möglich) – dadurch wird die Glühkerze aufgeheizt und freigebrannt.
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).



Hier Synthetiköl einspritzen.



Diese Verbrennungsrückstände können mit der BERU Reibahle entfernt werden.

Glühkerzen-Gewinde	Anzugsdrehmoment
M 8	10 Nm
M 9	12 Nm
M 10	15 Nm
M 12	22 Nm

### 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.



Demontage und Montage von Glühkerzen grundsätzlich mit einem Drehmomentschlüssel durchführen.

Anschlussmutter-Gewinde	Anzugsdrehmoment
M 4	2 Nm
M 5	3 Nm

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 (RA003).

## BERU Reibahle: für eine schnelle und sichere Reinigung der Zylinderkopfbohrung

### UND SO FUNKTIONIERT'S:

- Glühkerzenbohrung mit Lappen vorreinigen.
- BERU Reibahle im Schneidbereich 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 Anzugsdrehmoment beachten!).
- Vor Einbau der Glühkerzen diese im Schaft- und Gewindebereich mit GK Fett (GKF01) einfetten.



BERU Glühkerzen-Montagefett GKF01. Für leichtere Demontage und zur Verhinderung von Korrosion. Glühkerzen-gewinde und Glühkerzenschaft vor dem Einbau damit bestreichen.



Die BERU Reibahle (RA003) löst Verkokungen, die nach dem „Verbacken“ zwischen Glühkerze und Zylinderkopf entstehen können.

BERU® ist eine registrierte Marke der BorgWarner Ludwigsburg GmbH  
Bestell-Nr. 5 100 006 001 - 02/2017



Federal-Mogul Aftermarket GmbH  
Albert-Ruprecht-Straße 2  
71636 Ludwigsburg, Germany

[www.federalmogul.com](http://www.federalmogul.com)  
[beru.federalmogul.com](http://beru.federalmogul.com)

 [www.fmecat.eu](http://www.fmecat.eu)

Perfektion  
eingebaut

