Dieselkaltstart-
technologie

TECHNICAL INFORMATIONEN

BERU

# Alles über Glühkerzen

BORGWARNER

# Inhalt


## Der Dieselmotor 3

Funktion 3
Kaltstart 3
Einspritzanlagen 4

## Selbstregelnde Stabglühkerzen 5

Anforderungen an eine moderne Glühkerz 5
Aufbau und Funktion 6
Nachglühfähige Stabglühkerzen (GN 7/8

## Das Instant Start System (ISS) von BorgWarner 9

Konzept 9
Elektronische Regelung 9

## BorgWarner – Innovationsführer mit Drucksensor-Glühkerzen PSG 10

## BorgWarner – Keramikglühkerze (CGP) 10

## Glühkerzen Qualität von BorgWarner 11

## Billigausführungen – auf die Sie verzichten sollten 12

## Ausfallursachen bei Stabglühkerzen 13

## Tipps für die Werkstatt 14

Dieselmotor schnell und sicher starten 14
Drehmoment 15
Glühkerzen Montagefett – Einsatz und Anwendung 15

# Der Dieselmotor



## Funktion

Dieselmotoren sind Selbstzünder, das bedeutet, dass sich der eingespritzte Kraftstoff von selbst entzündet, ohne dass ein Zündfunke notwendig ist. Dem Verbrennungszyklus gehen drei Schritte voraus:

1. **Zuerst wird saubere Luft angesaugt.**
2. **Diese wird auf 30 bis 55 bar komprimiert und erwärmt sich dabei auf 700 bis 900 °C.**
3. **In den Brennraum wird Dieselkraftstoff eingespritzt. Durch die hohen Temperaturen der komprimierten Luft entzündet sich dieser von selbst, der Innendruck erhöht sich stark und der Motor verrichtet seine Arbeit.**

Im Vergleich zu Fremdzündern erfordern Selbstzünder komplexe Einspritzanlagen und Motorkonstruktionen. Die ersten Dieselmotoren waren alles andere als benutzerfreundliche und laufruhige Antriebe. Durch den harten Verbrennungsprozess waren sie im kalten Zustand sehr laut. Dazu kamen ein höheres Leistungsgewicht, geringere Leistung pro Liter Hubraum sowie eine schwächere Beschleunigung. Durch kontinuierliche Entwicklung von Einspritztechnologie und Glühkerzen konnten diese Schwächen beseitigt werden. Heute gilt der Dieselmotor als gleichwertiger oder gar besserer Antrieb.

## Kaltstart

Mit dem Begriff „Kaltstart" werden alle Startvorgänge beschrieben, bei denen Motor und Betriebsmittel ihre Betriebstemperatur noch nicht erreicht haben. Je niedriger die Temperatur, desto ungünstiger sind die Bedingungen für eine schnelle Zündung und eine vollständige, umweltfreundliche Verbrennung. Durch einige unterstützende Maßnahmen während des Kaltstarts wird verhindert, dass der Startvorgang unnötige Zeit in Anspruch nimmt oder ganz unmöglich ist. Diese Maßnahmen gleichen die ungünstigeren Startbedingungen aus und sorgen für eine gut abgestimmte und gleichmäßige Zündung, um eine stabile Verbrennung zu gewährleisten.

Eine der Komponenten zur Kaltstartunterstützung ist die Glühkerze. Durch elektrisch erzeugte Wärme, die in den Brennraum eingeleitet wird, schafft sie ideale Zündvoraussetzungen für den eingespritzten Kraftstoff. Sie ermöglicht den Motorstart im häufigen Temperaturbereich von 10-30 °C und ist damit eine unverzichtbare Kaltstarthilfe für Motoren mit geteiltem Brennraum. Da unter dem Gefrierpunkt die Startfähigkeit deutlich abnimmt, wird die Glühkerze auch bei Dieselmotoren mit Direkteinspritzung als Kaltstarthilfe genutzt.

# Der Dieselmotor

## Einspritzanlagen

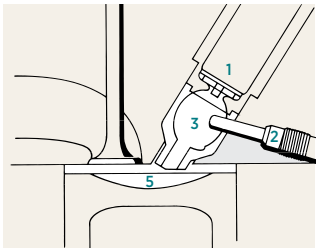
Abhängig von Konstruktion und Anordnung des Brennraums wird bei Dieselmotoren zwischen den drei folgenden Einspritzsystemen unterschieden:

1. **Vorkammersystem**
2. **Wirbelkammerverfahren**
3. **Direkteinspritzu**

Alle Systeme benötigen Glühkerzen, damit die Zerstäubung des eingespritzten Kraftstoffs gewährleistet ist und sich das Kraftstoff-Luft-Gemisch an der heißen Oberfläche der Kerze entzünden kann.

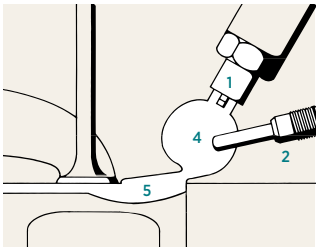
### VORKAMMERSYSTEM

Bei diesem System ist der Brennraum zweigeteilt in Vorkammer und Hauptkammer. Diese sind über verschiedene Bohrungen (Schusskanäle) miteinander verbunden. Während des Verdichtungstakts wird ein Teil der komprimierten Luft in die Vorkammer gepresst. Kurz vor Erreichen des oberen Totpunkts wird der Kraftstoff über eine Düse direkt in die Vorkammer des jeweiligen Kolbens eingespritzt. Hier wird der eingespritzte Kraftstoff teilweise verbrannt. Die dabei entstehenden hohen Temperaturen führen zu einem schnellen Druckanstieg. Dadurch wird der gesamte Inhalt der Vorkammer durch die Schusskanäle in den Hauptbrennraum eingeblasen, in dem die eigentliche Verbrennung stattfindet.



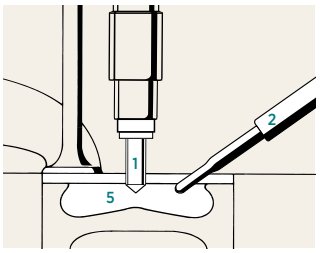

### WIRBELKAMMERVERFAHREN

Die kugelförmige Wirbelkammer befindet sich im Zylinderkopf und ist vom Hauptbrennraum getrennt. Hauptbrennraum und Wirbelkammer sind durch einen Schusskanal mit großem Durchmesser miteinander verbunden. Während des Verdichtungstakts versetzt der Schusskanal in der Wirbelkammer die Ansaugluft in eine starke Rotation. In diesen Luftwirbel wird der Dieselkraftstoff eingespritzt. Die Verbrennung beginnt in der Wirbelklammer und breitet sich anschließend in den Hauptbrennraum aus.




### DIREKTEINSPRITZUNG

Bei der Dieseldirekteinspritzung (Einführung des Kraftstoff-Luft-Gemischs) wird der Kraftstoff unter hohem Druck durch die Mehrlochdüse zur Zerstäubung in die hochkomprimierte Ansaugluft gespritzt, dabei wird die Gemischbildung durch die besondere Gestaltung des Kolbenbodens unterstützt. Beim Start wird die kalte Ansaugluft durch den hohen Kompressionsdruck sehr schnell erwärmt. Das Heizelement ragt in den Brennraum hinein. Im Prinzip hat die Glühkerze bei Dieselmotoren mit Direkteinspritzung die gleiche Funktion wie in Motoren mit geteiltem Brennraum: sie unterstützt die Zündung während des Startvorgangs. Das Heizelement einer modernen Glühkerze erreicht innerhalb weniger Sekunden eine Temperatur von mehr als 1000 °C.




1 **Einspritzdüse**
2 **Glühkerze**
3 **Vorkammer**
4 **Wirbelkammer**
5 **Brennraum**

Bei einem Kaltstart liegt generell folgende Situation vor: die angesaugte kalte Luft erreicht am Ende des Verdichtungstakts geringere Temperaturen. Im Fahrbetrieb reicht die Temperatur der komprimierten Luft zur Selbstzündung aus. Beim Start und vor allem bei niedrigen Umgebungstemperaturen ist dies jedoch nicht der Fall. Gravierendere Folgen haben allerdings die geringen Startdrehzahlen. Aufgrund der langen Verweildauer der Ladung sind Temperatur- und Druckverlust deutlich höher als beispielsweise im Leerlauf.

# Selbstregelnde Stabglühkerzen

## Anforderungen an eine moderne Glühkerze

### KURZE AUFHEIZZEIT
Glühkerzen müssen zur Unterstützung der Zündung innerhalb kürzester Zeit eine hohe Temperatur bereitstellen – und diese unabhängig von den Umgebungsbedingungen beibehalten oder sogar an diese anpassen.

### GERINGER PLATZBEDARF
Bei modernen Dieselmotoren mit Common-Rail- oder Pumpe-Düse-Einspritzanlage und Vierventiltechnik ist der verfügbare Raum begrenzt. Daher muss der Platzbedarf der Glühkerze auf ein Minimum reduziert werden, sodass eine lange und dünne Form vorteilhaft ist. Heute sind bereits Glühkerzen von BorgWarner mit einem Glührohrdurchmesser von weniger als 3 mm im Einsatz.

### EXAKTE ANPASSUNG AN DEN BRENNRAUM
Im Idealfall sollte der Glühstab genau am Rand des Gemischwirbels sitzen – dabei jedoch noch ausreichend weit in den Brennraum oder die Vorkammer hineinragen. Nur dann ist ein präziser Wärmeeintrag möglich. Ragt er zu weit in den Brennraum hinein, dann wird die Aufbereitung des eingespritzten Kraftstoffs und damit die Bildung eines zündfähigen Kraftstoff-Luft- Gemischs beeinträchtigt. Dies würde höhere Abgasemissionen nach sich ziehen.

### AUSREICHENDES GLÜHVOLUMEN
Neben der Glühkerze kommt für den Motorkaltstart der Einspritzanlage eine besondere Bedeutung zu. Nur ein hinsichtlich Einspritzpunkt, Menge und Gemischzusammensetzung optimiertes System gewährleistet in Verbindung mit der korrekten Position und Temperaturauslegung der Glühkerze ein gutes Kaltstartverhalten. Auch nach dem Motorstart darf die Glühkerze durch die erhöhte Luftbewegung im Brennraum nicht „kaltgeblasen“ werden. Vor allem in Vorkammer- oder Wirbelkammermotoren herrschen an der Glühkerzenspitze sehr hohe Luftgeschwindigkeiten. In einer solchen Umgebung funktioniert die Glühkerze nur dann, wenn sie über ausreichend Reserven verfügt, d. h. wenn ein ausreichendes glühendes Volumen vorhanden ist, sodass die Wärme sofort an den kaltgeblasenen Bereich abgegeben werden kann.

Diese Anforderungen werden durch die von BorgWarner entwickelten Glühkerzen optimal erfüllt. Die Ingenieure von BorgWarner arbeiten vor allem während der Motorenentwicklung eng mit den Automobilherstellern zusammen. Das Ergebnis: ein Diesel-Schnellstart in 2 bis 5 Sekunden (in Verbindung mit dem Instant Start System ISS maximal 2 s), zuverlässiger Motorstart bis -30 °C, ruhiger und motorschonender Anlauf des Motors bei bis zu 40 % weniger Rußausstoß in der Warmlaufphase bei nachglühfähigen Kerzen (weitere Informationen siehe ab Seite 7).

In modernen Dieselmotoren sind die Glühkerzen jedoch auch noch nach der Kaltstart- und Warmlaufphase aktiv. Mit dem sogenannten Zwischenglühen gewährleisten die innovativen Glühkerzen von BorgWarner, dass die Abgastemperaturen auch im Start-/Stopp- und im Schubbetrieb nicht zu weit absinken. Dies gewährleistet für alle Betriebsbedingungen des Motors eine geräusch- und emissionsarme Verbrennung. Gleichzeitig sammelt sich im Partikelfilter des Diesels und im Abgasrückführungsventil weniger Ruß an. Die ISS-Glühkerzen von BorgWarner bieten beispielsweise lange Glühzeiten von 5 bis 8 Minuten in Verbindung mit einer hohen Temperaturbeständigkeit und einer langen Lebensdauer.

# Selbstregelnde Stabglühkerzen

## Aufbau und Funktion

Glühkerzen von BorgWarner bestehen in der Hauptsache aus Kerzenkörper, Heizstab mit Heiz- und Regelwendel und Anschlussbolzen. Der korrosionsfeste Glühstab ist gasdicht ins Gehäuse eingepresst. Zudem wird die Kerze durch einen Dichtring oder ein Kunststoffteil am Anschlussteil abgedichtet.Die Stromversorgung der Glühkerze erfolgt über eine Batterie. Gesteuert wird sie durch 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 besteht aus hochtemperaturfestem Material, dessen elektrischer Widerstand weitgehend temperaturunabhängig ist. Zusammen mit dem vorderen Teil des Glühstabs bildet sie den Heizbereich. Die Regelwendel ist am stromführenden Anschlussbolzen befestigt. Ihr Widerstand weist einen hohen Temperaturkoeffizienten auf.

Die gesamte Wendel ist fest in ein verdichtetes, elektrisch isolierendes, aber hoch wärmeleitfähiges Keramikpulver gepackt. Bei der mechanischen Verdichtung wird das Pulver so stark verdichtet, 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. Auch wenn zwischen den einzelnen Windungen nur wenige Zehntelmillimeter Abstand liegen, kann kein Windungskurzschluss auftreten – und mit Sicherheit kein Kurzschluss am Glührohr, der die Kerze zerstören würde.

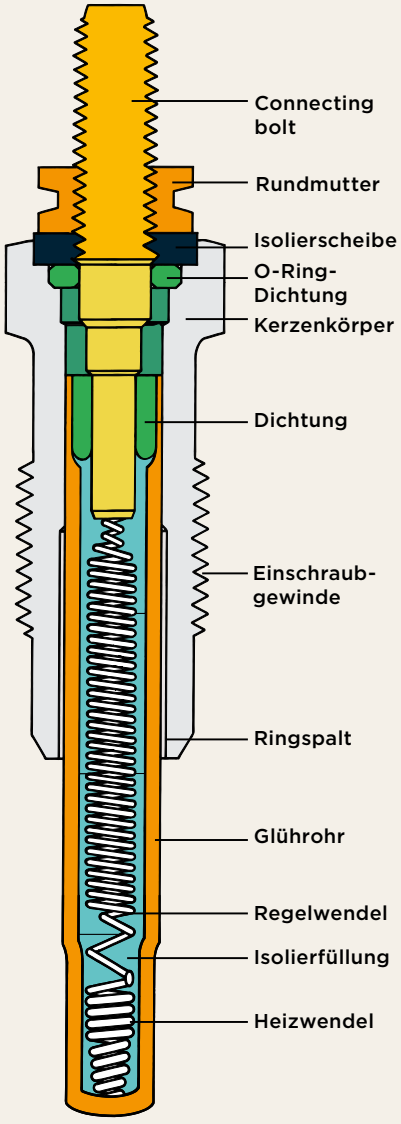
Durch unterschiedliche Werkstoffe, Längen und Durchmesser sowie verschiedene Drahtstärken für Heiz- und Regelwendel können die Aufheizzeiten und Glühtemperaturen der Kerze entsprechend den Anforderungen des jeweiligen Motors geändert werden.

### FUNKTION

Beim Vorglühen fließt anfangs ein starker Strom über den Anschlussbolzen und die Regelwendel zur Heizwendel. Diese erwärmt sich schnell und bringt den Heizbereich zum Glühen. Das Glühen breitet sich schnell aus – nach 2 bis 5 Sekunden glüht der Heizstab bis nahe am Kerzenkörper. Dadurch wird die Temperatur der bereits durch den Strom erwärmten Regelwendel weiter erhöht. -In der Folge steigt der elektrische Widerstand und der Strom wird so weit verringert, dass er keinen Schaden am Glühstab verursachen kann. Daher ist ein Überhitzen der Glühkerze nicht möglich.

Erfolgt kein Motorstart, so wird die Glühkerze nach einer gewissen Bereitschaftszeit vom Glühkerzensteuergerät abgeschaltet.

Der Widerstand der für Glühkerzen von BorgWarner verwendeten Legierung erhöht sich mit steigender Temperatur. Daher kann die Regelwendel so ausgelegt werden, dass sie anfangs einen höheren Strom zur Heizwendel passieren lässt, als es bei Erreichen der Solltemperatur der Fall ist. Auf diese Weise wird die Solltemperatur schneller erreicht und durch eine höhere Regelwirkung innerhalb des zulässigen Bereichs beibehalten.



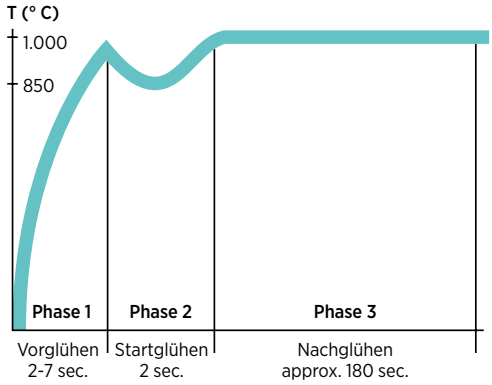

**Aufbau einer selbstregelnden Schnellheiz-Stabglühkerze**
**s**

# Nachglühfähige Stabglühkerzen (GN)

Bei älteren Fahrzeugmodellen sind normalerweise Glühkerzen verbaut, die nur vor und während der Startphase glühen. Diese sind an der Abkürzung GV zu erkennen. Moderne Diesel-Pkw laufen üblicherweise mit eingebauten GN-Glühkerzen vom Band. Sie sind mit dem innovativen Dreiphasen-Glühsystem ausgestattet. Daher glühen sie

- **vor dem Start**
- **während der Startphase**
- **nach dem Start und**
- **im Fahrbetrieb (Schubbetrieb).**

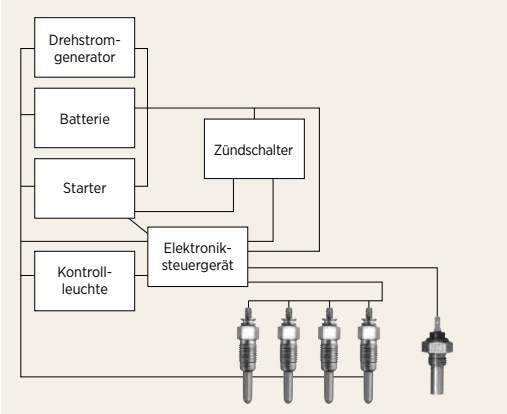
**Die Dreiphasen-Glühtechnik.**




## FUNKTION

Das elektronisch geregelte Vorglühen beginnt mit Betätigung des Zündschalters und dauert bei normalen Außentemperaturen ca. 2 bis 5 Sekunden, bis der Motor startbereit ist. Die Nachglühzeit beträgt bis zu drei Minuten nach Motorstart, um Schadstoff- und Geräuschemissionen auf ein Minimum zu begrenzen.

Der Betriebszustand des Motors wird z. B. durch Messung der Kühlwassertemperatur registriert. Der Nachglühvorgang wird fortgeführt, bis das Kühlmittel eine Temperatur von 70 °C erreicht hat oder schaltet sich nach einer im Kennfeld festgelegten Sollzeit ab. Wenn die Kühlwassertemperatur bereits vor dem Start über dieser Marke liegt, wird normalerweise nicht nachgeglüht




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

## ÜBERHITZUNGSSCHUTZ

Zum Schutz vor Überhitzung wird bei selbstregelnden Stabglühkerzen der Stromfluss von der Batterie zur Kerze mit steigender Temperatur begrenzt. Bei laufendem Motor erhöht sich jedoch die Spannung so weit, dass Glühkerzen, die nicht dem neuesten Stand der Technik entsprechen, durchbrennen, Zudem sind die mit Strom versorgten Glühkerzen nach dem Start hohen Verbrennungstemperaturen ausgesetzt und werden daher von innen und außen erwärmt. Die nachglühfähigen Glühkerzen von BorgWarner sind auch bei voller Generatorspannung funktionsfähig. Ihre Temperatur steigt sehr schnell an, wird aber dann durch die neue Regelwendel auf eine Beharrungstemperatur begrenzt, die unterhalb der von nicht nachglühfähigen Kerzen liegt.

**WICHTIG:**
In einem für GN-Glühkerzen ausgelegten System dürfen auch nur GN-Glühkerzen verbaut werden – GV-Glühkerzen können hier sehr schnell beschädigt werden.

# Selbstregelnde Stabglühkerzen

### SCHNELLSTART IN ZWEI SEKUNDEN

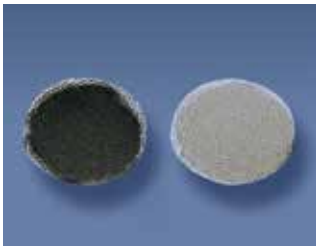
Mit der nachglühfähigen GN-Glühkerze von BorgWarner konnte die Glühzeit auf 2 bis 5 Sekunden verringert werden. Dazu reduzierten die Entwickler den Durchmesser am vorderen Ende des Heizstabes. Auf diese Weise beginnt der Heizstab in diesem Bereich schneller zu glühen. Bei einer Temperatur von 0 °C dauert es bis zum Start gerade einmal zwei Sekunden. Bei niedrigeren Temperaturen wird das System durch die Glühzeitregelung an die Umgebungsbedingungen angepasst und die Glühzeit entsprechend verlängert: bei -5 °C ca. fünf und bei -10 °C ca. sieben Sekunden.

### REDUKTION VON WEISS-/BLAURAUCH

Bis zum Erreichen der idealen Zündtemperatur tritt am Auspuff sogenannter Weiß- oder Blaurauch aus. Abgase dieser Art deuten auf eine unvollständige Verbrennung des Kraftstoffs aufgrund einer zu niedrigen Zündtemperatur hin. Durch das Nachglühen wird erreicht, dass der Dieselkraftstoff während der Warmlaufphase vollständig verbrennt und weniger Geräuschemissionen erzeugt werden. Die Rauchgastrübung wird um bis zu 40 % verringert.

### BESEITIGUNG DES KALTSTARTNAGELNS

Das Nageln beim Kaltstart eines Dieselmotors ist auf eine höhere Zündverzögerung bei kaltem Motor zurückzuführen. Der Kraftstoff entzündet sich abrupt und es kommt zum Nageln. Durch das Vor- und Nachglühen der GN-Glühkerzen wird gewährleistet, dass der Motor schneller seine Betriebstemperatur erreicht. Dies schützt den Motor, führt zu einem ruhigeren Lauf des Motors und verhindert das Nageln. Der Kraftstoff wird gleichmäßiger und vollständig verbrannt. Dadurch wird mehr Energie freigesetzt und die Temperatur im Brennraum erhöht sich schneller.



**Verrußung des Filterpapiers drei Minuten nach dem Kaltstart. Durch das Nachglühen (rechts) wird die Verrußung ca. 40 % verringert.**

## TECHNISCHE MERKMALE DER GN-GLÜHKERZE

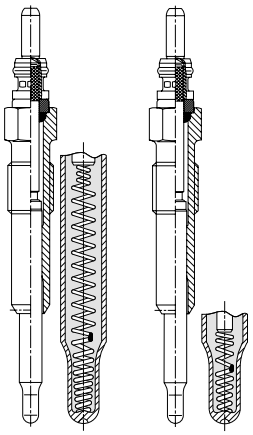
- **Schnellstart-Glühkerze in schlanker Ausführung**
- **kurze Vorglühzeit: nur 2 bis 7 s**
- **zuverlässiger Start (auch bei -30 °C)**
- **umweltfreundlich: ca. 40 % weniger Schadstoffausstoß in der Warmlaufphase**
- **kein Nageln**
- **ruhigerer Motorlauf**
- **motorschonender Start**
- **für Fahrzeuge mit Betriebsspannungen bis 14,5 V**

# Das Instant Start System (ISS) von BorgWarner

**Dieselfahrzeugen den sofortigen Motorstart ähnlich wie bei Fahrzeugen mit Ottomotor zu ermöglichen – das war eine anspruchsvolle Aufgabe. Die Lösung der Ingenieure von BorgWarner: das Instant Start System (ISS)**

## Konzept

Das ISS von BorgWarner umfasst ein elektronisches Glühkerzensteuergerät und leistungsoptimierte Glühkerzen mit reduzierter Vorglühzeit von maximal zwei Sekunden – im Vergleich zu den etwa fünf Sekunden (GE-Typen) bei Standard-Glühkerzen (SR). Sie benötigen sowohl in der Aufwärm- als auch in der Beharrungsphase deutlich weniger Energie.



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

Im Steuergerät werden Leistungshalbleiter als Schalter zur Regelung der Glühkerzen verwendet, die die früher verwendeten elektromechanischen Relais ersetzen. Im Vergleich zu herkömmlichen Zweiwendel-Glühkerzen ist die kombinierte Wendel der leistungsoptimierten Glühkerze des ISS deutlich kürzer und weist einen auf ca. ein Drittel reduzierten Glühbereich auf. Bei Motoren mit Direkteinspritzung entspricht dies dem in den Brennraum hineinragenden Teil des Heizstabs.

## Elektronische Regelung

Bei laufendem Motor wird die Glühkerze durch den Ladungswechsel und die Luftbewegung im Verdichtungstakt gekühlt. Die Temperatur der Glühkerze verringert sich mit zunehmender Drehzahl, um eine konstante Glühkerzenspannung und Einspritzmenge zu gewährleisten. Zur Erhöhung der Einspritzmenge und Beibehaltung von Glühkerzenspannung und Drehzahl wird die Glühkerzentemperatur erhöht. Das elektronische Steuergerät kann diese Wirkungen ausgleichen: die Glühkerzen werden immer mit der für den jeweiligen Betriebspunkt optimalen Wirkspannung versorgt. Daher kann die Glühkerzentemperatur an den Betriebszustand angepasst werden. Außerdem wird die Kombination von Niederspannungs-Glühkerze und Elektroniksteuergerät zum schnellen Aufheizen der Glühkerze verwendet. Dazu wird die Glüh-kerze für einen festgelegten Zeitraum mit der vollen Bordnetzspannung gespeist und erst dann mit der notwendigen Wirkspannung während des synchronisierten Betriebs gearbeitet. Damit kann die normale Vorglühzeit auch bei niedrigen Temperaturen auf maximal zwei Sekunden verringert werden. Der Wirkungsgrad dieses Systems ist so hoch, dass vom Bordnetz nicht viel mehr als die für die Glühkerze benötigte Leistung entnommen wird. Da jede Glühkerze von einem separaten Leistungshalbleiter im ISS geregelt werden kann, ist für jeden Glühkerzenkreis eine separate Überwachung des Stromflusses möglich. Jede Kerze kann einzeln diagnostiziert werden.

**Elektronisch geregeltes Glühsystem ISS: Steuergerät und Glühkerzen.**

**Mit dem Instant Start System von BorgWarner können Selbstzünder, ähnlich wie Ottomotoren, sofort gestartet werden.**

Bei Verwendung des Steuermoduls für geschlossene Regelkreise von BorgWarner wird die Spannung durch den Mikrocontroller mit einem programmierten Controller so geregelt, dass die Heizung immer effizient ist und die benötigte Temperatur gehalten wird

## TECHNISCHE MERKMALE DES ISS

- **zuverlässiger Start auch bei Temperaturen von -30 °C**
- **extrem kurze Aufheizzeit: Temperatur von 1000 °C nach max. drei Sekunden (GE-Typen) erreicht, 850 °C nach zwei Sekunden (SR)**
- **geringer Strombedarf (wichtig insbesondere für Motoren mit sechs und mehr Zylindern)**
- **höhere Funktionssicherheit**
- **zahlreiche Diagnosefunktionen**
- **Temperatur für Vor-, Zwischen- und Nachglühen regelbar**
- **sofortiger stabiler Leerlauf, gut dosierte Leistungsaufnahme**
- **geringerer Schadstoffausstoß**
- **eigens für Dieselmotoren mit Direkteinspritzung entwickelt**
- **diagnosefähig**

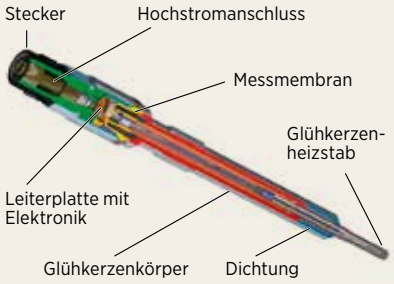
# BorgWarner – Innovationsführer mit Drucksensor-Glühkerzen PSG

### INTELLIGENTE GLÜHKERZE MIT DRUCKSENSOR

Neue Emissionsschutzgesetze in Europa und den USA sorgen für eine weitere Verringerung der zulässigen Abgasemissionen bei Dieselmotoren. Die für Dieselmotoren geltenden Grenzwerte für den Ausstoß von Stickoxiden und Partikeln werden zukünftig deutlich niedriger liegen. Allein mit konventionellen Lösungen sind diese Emissionsvorschriften nicht mehr einzuhalten.

Die Entwickler von BorgWarner haben einen piezoresistiven Drucksensor in die Kerze integriert. Angesichts der extrem hohen Temperaturen, Schwingungen und Druckbedingungen im Zylinderkopf ist die mechanische Konstruktion der Glühkerze ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zum Erfolg. Der Heizstab ist nicht in den Glühkerzenkörper eingepresst, wie es in der Vergangenheit üblich war, sondern als mobile Komponenten elastisch gelagert und überträgt den Druck an eine Membran im hinteren Bereich der Glühkerze. Dadurch sitzt der eigentliche Drucksensor weiter vom Brennraum entfernt in einem Bereich mit deutlich günstigeren Umgebungsbedingungen. Durch den Einsatz des Heizstabs vom Diesel-Schnellstartsystem ISS von BorgWarner, der lediglich an seiner Spitze glüht, bleibt die thermische Belastung der Dichtung kontrollierbar.

Die intelligente Drucksensor-Glühkerze (PSG) wird in Dieselmotoren der Marken Volkswagen, Audi, BMW/Mini, Opel und Renault eingesetzt.




**Die intelligente Drucksensor-Glühkerze (PSG)**

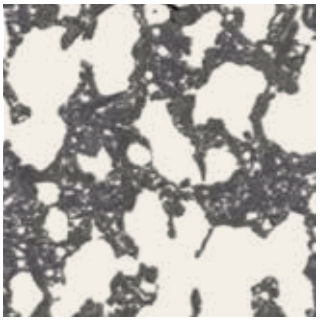
# BorgWarner – Keramikglühkerze (CGP)

### STARKE INNERE WERTE

Für die Leistung der Keramikglühkerzen von BorgWarner ist die Zusammensetzung der Materialien ausschlaggebend. Hochfeste Keramik aus Siliziumnitrid umschließt in einem Durchdringungsgefüge das elektrisch leitfähige Molybdändisilicid. Dieser Werkstoff widersteht Drücken bis 200 bar und ist temperaturbeständig bis 1300 °C – und das in den verschiedenen Gasatmosphären, die im Brennraum auftreten (Umgebungsluft, Diesel, Sauerstoff, Wasser).

### PLEISTUNG AUF DIE SPITZE GETRIEBEN

Neben kurzen Aufheizzeiten ermöglicht die patentierte Bauweise mit außenliegendem Heizstab auch eine optimierte Regelung. Darüber hinaus wird dadurch, dass sich die Heizleistung der Kerze an der Spitze des Keramikelements konzentriert, weniger Energie zur Erzeugung der für den Motorstart erforderlichen Temperatur benötigt – sodass im Vergleich zu herkömmlichen Glühkerzen der Kraftstoffverbrauch verringert wird. Neben einer höheren Betriebssicherheit gewährleistet der Widerstand innerhalb des Regelsystems auch bei jedem Motorbetriebspunkt die bestmögliche Energiebilanz für die Keramikglühkerze von BorgWarner. Dies trägt auch zu einer Senkung von Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß bei.

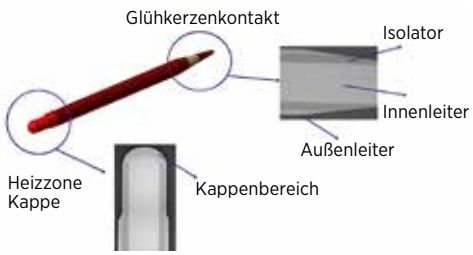


**Mikrostruktur der Glühkerzenkeramik von BorgWarner mit verstärkenden Siliciumnitridstäbchen und weißen Molybdändisilicid-Körnern, welche die elektrisch leitfähige, dreidimensionale Struktur bilden.**

### EIN EXKLUSIVER PROZESS

Keramikglühkerzen von BorgWarner werden auf patentierten Serienproduktionsanlagen gefertigt. Das keramische Heizelement wird im Extrusions- und Spritzguss-Verfahren hergestellt. Daran schließen sich Prozesse zum Entbindern, Sintern und Härten an, mit denen die für den Einbau in den Metallkörper notwendigen engen Toleranzen gewährleistet werden. Dafür sind mehrere Schleifgänge erforderlich, die aufgrund der extremen Härte und Festigkeit des Werkstoffs nur mit Diamantwerkzeugen durchgeführt werden können. Der Kontakt des keramischen Heizstabs erfolgt in einem speziellen Hochtemperaturverfahren über die gesamte Oberfläche. Auf diese Weise wird eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Schwingungen und Temperaturänderungen erreicht. Durch die Kombination von hochfesten Materialien, innovativer Konstruktion und modernsten Fertigungsverfahren weisen keramische Glühkerzen von BorgWarner ausgezeichnete Eigenschaften auf.

**Aufbau des keramischen Heizstabs der BorgWarner-Glühkerze**




**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 hohe Temperaturen schneller als andere Technologien für keramische Zündkerzen (von BorgWarner patentiert). Der Glühkerzenkontakt besteht aus Innen- und Außenleiter mit dazwischenliegendem Isolator.**

# Glühkerzen von BorgWarner: Maximale Qualität dank fünffacher Sicherheit

### 1. ENTWICKELT IN ENGER ZUSAMMENARBEIT MIT AUTOHERSTELLERN

Als Spezialist für Dieselkaltstart und Entwicklungspartner der Automobilindustrie ist BorgWarner nicht nur an der Entwicklung der Glühkerzen von Anfang an beteiligt, sondern war bereits bei der Entwicklung neuer Motoren vor Ort und in die Prozesse eingebunden. Daher kann die Einbauposition der Glühkerze im Motor in präziser Abstimmung festgelegt werden – und die Ingenieure von BorgWarner wissen genau, welche Parameter besonders wichtig sind und welche Leistungsreserven die in der Entwicklung befindliche Glühkerze aufweisen muss.

### 2. HERGESTELLT NACH ISO-NORMEN

Glühkerzen von BorgWarner werden nach ISO-Normen entwickelt. In diesen werden Abmessungen und Toleranzen von Geometrie, Dichtwinkel, Schlüsselweite, Heizstabdurchmesser usw. geregelt.

### 3. ENTWICKELT NACH DEN LASTENHEFTEN DER AUTOMOBILINDUSTRIE

Glühkerzen von BorgWarner entsprechend den Lastenheften der Automobilindustrie, die sich je nach Fahrzeughersteller unterscheiden. Beispielsweise werden für den Dauerbetrieb zwischen 10.000 und 25.000 Zyklen vorgegeben. Darüber hinaus müssen Glühkerzen von BorgWarner auch Probeläufe in der Kältekammer überstehen. Außerdem werden Prüfungen zur Widerstandsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen, Kontaktstoffen, Additiven und Motorreinigern durchgeführt.

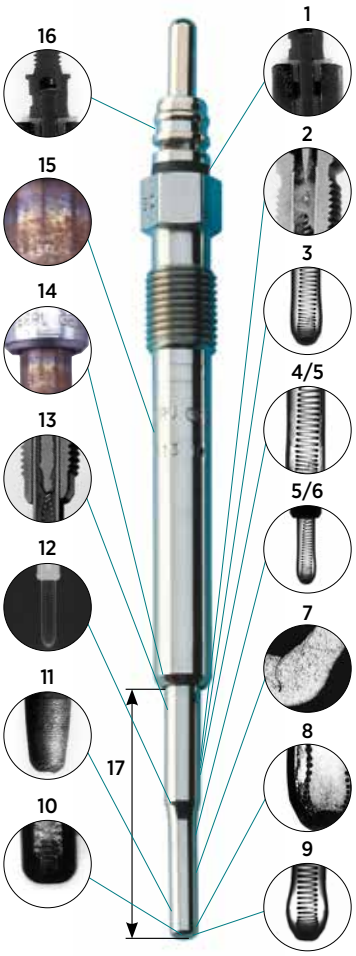
### 4. SPEZIELLEN PRÜFUNGEN BEI BORGWARNER UNTERZOGENS

Glühkerzen von BorgWarner werden besonderen Prüfungen unterzogen, die an die praktischen Anforderungen im Alltagsbetrieb und in der Werkstatt angepasst sind, beispielsweise durch Simulation von Steckanschluss-Abziehkräften oder Überlast-Schnelltests. Bei diesen Überlast-Schnelltest kennen die Prüfer keine Gnade:
Jeder Prüfling muss auch nach 3000 Zyklen noch voll funktionsfähig sein.

### 5. HERGESTELLT NACH MODERNSTEN PRODUKTIONSVERFAHREN

Mit der Produktion der extrem langen und schmalen modernen Glühkerzen für Dieselmotoren mit Direkteinspritzung sind besondere Anforderungen verbunden. Der Glührohrdurchmesser muss genau an den Brennraum angepasst sein. Das Glührohr muss genau in der vorgegebenen Länge in den Brennraum hineinragen – nur dann ist gewährleistet, dass die Verwirbelung keine zusätzlichen Schadstoffemissionen verursacht. Die thermischen Eigenschaften der Glühkerze müssen ebenfalls präzise auf die Brennraumgestaltung abgestimmt sein – und der Stromverbrauch der Glühkerzen muss genau an das vorhandene Bordnetz angepasst werden. Nur auf hochmodernen Produktionsanlagen, wie sie bei BorgWarner im Einsatz sind, können diese schlanken Glühkerzen in der geforderten Qualität hergestellt werden.

# Billigausführungen – auf die Sie verzichten sollten




## OPTISCH ZWEI, PRAKTISCH NUR EINE WENDEL

Nur eine Glühkerze mit zwei Wendeln kann die kurze von den Fahrzeugherstellern geforderte Aufheizzeit und Temperaturbeständigkeit gewährleisten. Da die zweite Wendel von außen nicht unmittelbar sichtbar ist, sparen sich manche Hersteller die sogenannte Regelwendel. Die fehlende Begrenzung des Glühstroms belastet die Batterie beim Start übermäßig – und da die geforderte Aufheizung nicht innerhalb des vorgesehenen Zeitrahmens erreicht wird, springt das Fahrzeug nur schwer oder überhaupt nicht an. (siehe Abb. 3)

## HEIZSTAB MIT MINDERWERTIGEM ISOLIERPULVER BEFÜLLT

Statt des von BorgWarner verwendeten Magnesitpulvers, das vor der Befüllung verdichtet und getrocknet wird, kommt in billigen Glühkerzen loses, manchmal sogar verunreinigtes Isolierpulver zur Anwendung, das ohne Trocknung eingefüllt wird. Die Folge: Während des ersten Glühvorgangs dehnt sich das Pulver stark aus und das Glührohr bläht sich auf. Für den Ausbau der Glühkerzen muss in einem solchen Fall der gesamte Zylinderkopf demontiert werden. (siehe Abb. 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 lösen dieses Problem einfach durch Aufschieben der Heizwendel auf den Anschlussstift. Damit ist die geforderte Kurzschlusssicherheit jedoch nicht gewährleistet. (siehe Abb. 5 and 13)

## FEHLERHAFTE KONTAKTE

Bei minderwertigen Glühkerzen entspricht die Position der Rastnasen für den Stromanschluss nicht den Herstellervorgaben. Zwar sind die Anschlüsse optisch denen der Originalglühkerzen ähnlich, der Kontakt wird jedoch nicht korrekt hergestellt. Damit ist die elektrische Verbindung zur Glühkerze nicht gewährleistet. Einige Hersteller sparen auch am Material für die Anschlussteile – auf Kosten der elektrischen Verbindung. (siehe Abb 16)

## GLÜHROHR NICHT PRÄZISE VERSCHWEISST

Bei vielen Billigherstellern ist die notwendige Produktionstechnik zum präzisen Verschweißen des Glührohrs nicht vorhanden. Das Ergebnis: Haarrisse in den Glührohren – und damit Lecks, die auch zu Kurzschluss führen können.

## WORAN MINDERWERTIGE GLÜHKERZEN ZU ERKENNEN SIND

| FEHLER | | GEFAHR |
|---|---|---|
| 1 | einfache Abdichtung | nicht wasserdicht |
| 2/9 | Glührohr mit minderwertigem Magnesiumpulver befüllt | schlechte Isolierung, unteres Glührohr bläht sich auf |
| 3 | zwei Wendeln erforderlich, jedoch nur eine verbaut | Eigenschaftenprofil entspricht nicht den Herstellervorgaben |
| 4 | eine einheitliche Wandstärke | Glühkerze brennt durch |
| 5 | Wendel schräg im Glührohr | Kurzschluss |
| 6 | Glührohr nicht zentriert, dadurch kein Rundlauf: Glühkerze sitzt schräg in Vorkammer oder Wirbelkammer | Glühkerze wird durch den Einspritzstrahl zerstört und brennt durch |
| 7 | Haarrisse im Heizstab | Durchbrennen |
| 8/9 | Spitze des Heizstabs mit unverdichtetem bzw. feuchtem Magnesiumpulver befüllt | Kurzschluss, Aufblähen des Glühstabs, verkürzte Lebensdauer |
| 10 | rundes Ende angebohrt, nicht korrekt durchgeschweißt | Durchbrennen |

| FEHLER | | GEFAHR |
|---|---|---|
| 11 | Glührohrspitze abgedreht, Heizstab zu dünn | Ablagerungen, verkürzte Lebensdauer |
| 12 | Glühwendel fehlerhaft konstruiert | Überlastung der Batterie durch übermäßige Stromaufnahme, dadurch Gefahr des Durchbrennens der Kontakte des Glühzeitsteuergeräts Verkürzung der Lebensdauer oder Beeinträchtigung der Funktion |
| 5/13 | Glühwendel schräg eingesetzt | Kurzschluss |
| 14 | Konus nicht passend zum Zylinderkopf | Dichtprobleme, Zerstörung des Zylinderkopfs |
| 15 | unbeschichtete Oberfläche | Festfressen in der Bohrung |
| 16 | Hülse nur aufgeschoben | Lockerung der Hülse, Unterbrechung der Stromversorgung, Wackelkontakt |
| 17 | Vorstehmaß entspricht nicht den Herstellervorgaben | wenn Vorstehmaß zu lang: Glühkerze wird durch den Einspritzstrahl zerstört wenn Vorstehmaß zu kurz: Startprobleme |

# Ausfallursachen bei Stabglühkerzen

Bei warmen und trockenen Witterungsbedingungen startet ein Dieselmotor auch dann, wenn eine Glühkerze defekt ist und nur die restlichen Kerzen vorglühen. Der Start ist zwar in solchen Fällen mit erhöhtem Schadstoffausstoß und eventuell auch mit Nageln verbunden, der Fahrer nimmt diese Zeichen jedoch nicht bewusst wahr oder kann sie nicht richtig einordnen. Die böse Überraschung kommt dann, wenn es kalt und klamm wird und die ersten Nachtfröste einsetzen: die „Wärmespende“ für den Dieselmotor funktioniert nicht mehr und der Motor startet bestenfalls schwer und rußt – mit hoher Wahrscheinlichkeit aber dreht sich kein Rad mehr. Nachfolgend sind typische Schäden und deren Ursachen aufgeführt. In den meisten Fällen kann mit dieser Diagnosehilfe das Problem schnell behoben werden.

## HEIZSTAB MIT FALTEN UND DELLEN

**URSACHE:**

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

**MASSNAHMEN ZUR ABHILFE:**

**a)** Starthilfe nur mit Bordnetzspannung
**b)/c)** Vorglühanlage prüfen, Glühzeitrelais auswechseln
**d)** nachglühfähige Glühkerze verwenden

## HEIZSTAB AN- ODER ABGESCHMOLZEN ODER ABGEBROCHEN

**URSACHE:**

Überhitzung des Heizstabes durch
**a)** zu frühen Verdüsungsbeginn
**b)** verkokte oder verschlissene Düsen
**c)** Motorschaden, z. B. durch Kolbenfresser, Ventilbruch
**d)** tropfende Düsen
**e)** festgefressener Kolbenring

**MASSNAHMEN ZUR ABHILFE:**

**a)** Einspritzzeitpunkt exakt einstellen
**b)** Einspritzdüsen reinigen bzw. erneuern
**c)** Strahlbild prüfen
**d)** Einspritzdüsen überholen bzw. erneuern
**e)** dafür sorgen, dass die Kolbenringe freigängig sind

## HEIZSTABSPITZE BESCHÄDIGT

**URSACHE:**

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

**MASSNAHMEN ZUR ABHILFE:**

**a)** Einspritzanlage prüfen, Einspritz zeitpunkt exakt einstellen
**b)** beim Einschrauben einer Glühkerze unbedingt das vom Kfz-Hersteller vorgeschriebene Anzugsdrehmoment einhalten

## ANSCHLUSSBOLZEN ABGERISSEN, SECHSKANT BESCHÄDIGT

**URSACHE:**

**a)** abgerissener Anschlussbolzen: Strom-Anschlussmutter wurde mit zu hohem Drehmoment angezogen
**b)** beschädigter Sechskant: Einsatz von nicht sachgerechtem Werkzeug; Kerze hat durch Verformung einen Kurzschluss vom Gehäuse zur Rundmutter

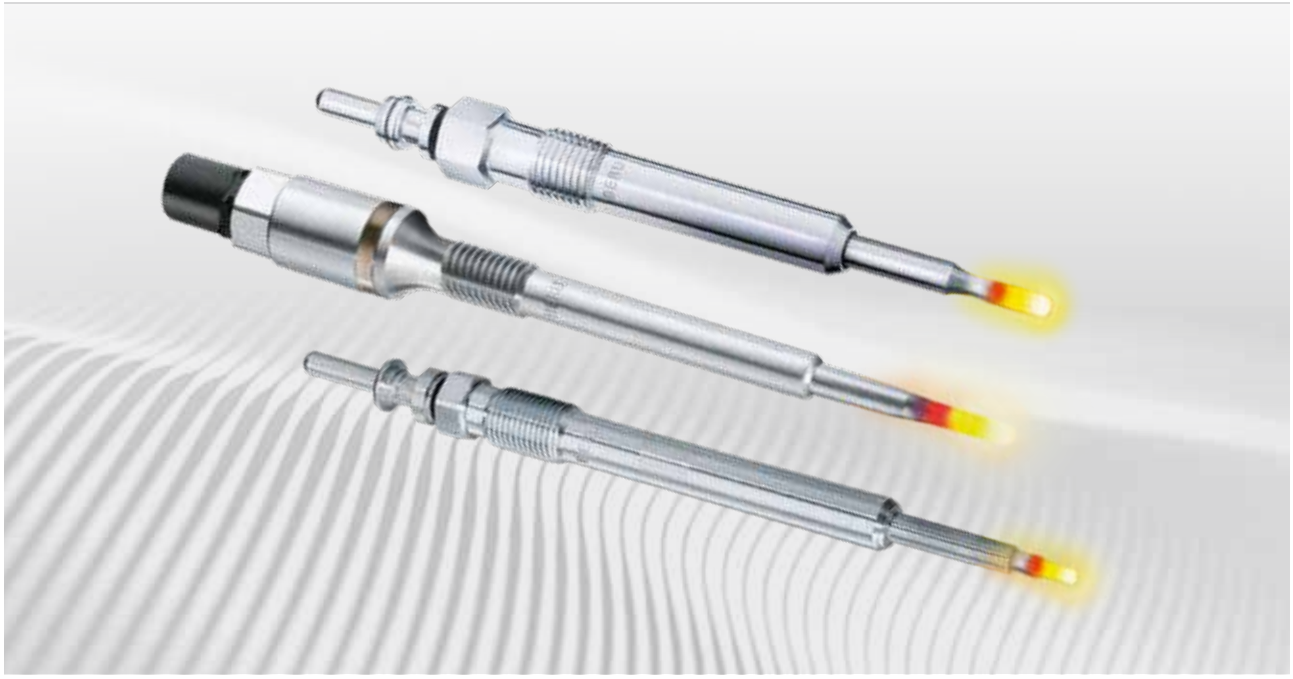
**MASSNAHMEN ZUR ABHILFE:**

**a)** Strom-Anschlussmutter mit Drehmomentschlüssel anziehen, dabei stets Anzugsdrehmoment beachten; Gewinde nicht schmieren oder fetten
**b)** Kerze mit passendem Drehmoment-Steckschlüssel anziehen; vorgeschriebenes Anzugsdrehmoment exakt einhalten (den Vorschriften des Kfz-Herstellers zu entnehmen); Gewinde nicht ölen oder fetten

# Tipps für die Werkstatt

## Diesel schnell und sicher starten

| PROBLEM | URSACHE | LÖSUNG VON BORGWARNER |
|---|---|---|
| Qualm beim Startvorgang, Rauchentwicklung | Glühkerze mit nur einer Wendel, Temperatur zu niedrig | Glühkerze von BorgWarner mit zwei Wendeln einsetzen (durch Heiz- und Regelwendel wird eine höhere Temperatur bei geringerer Aufheizzeit erreicht) |
| Nageln während der Startphase | Glühkerze ohne Begrenzungswirkung und ohne Wärmereserve | nachglühfähige Glühkerze von BorgWarner zur besseren und schnelleren Wärmezufuhr einsetzen |
| Batterie während der Startphase erschöpft | Glühkerze kommt zu langsam auf Temperatur, Aufheizzeit zu lang | exakt auf den Motor und das Dreiphasen-Glühsystem (Vorglühen – Startglühen – Nachglühen) abgestimmte GN-Glühkerze von BorgWarner einsetzen |
| schwerer und unrunder Motoranlauf | zu niedrige Endtemperatur der Glühkerze | |
| Motoranlauf erst nach mehreren Startversuchen | Glühkerze defekt | |
| Motoranlauf mit starker Geruchsbelästigung | elektrische Werte der Glühkerze falsch ausgelegt | |
| Glühstab angeschmolzen oder abgezundert | Wandstärke des Heizstabes zu gering (oftmals bei Billig-Glühkerzen der Fall) | |
| Glühstab vollständig abgeschmolzen | Einspritzdüse defekt | Düsenhalter/Injektor durch Düsenhalteeinheit von BorgWarner ersetzen |



# Drehmomente

### ANZUGSDREHMOMENT
Bei der Demontage von Glühkerzen ist das Anzugsdrehmoment einzuhalten.

### WAS TUN, WENN DAS ANZUGSDREHMOMENT ERREICHT IST?
Dann keinesfalls weiterdrehen – andernfalls kann die Glühkerze abbrechen. Stattdessen nach dem Dreipunkte-Programm vorgehen:
„Anlösen – Anheizen – Ausdrehen:

**1. Anlösen:** Synthetiköl großzügig an den Gewindeansatz der Glühkerze auftragen und möglichst über Nacht oder länger wirken lassen.

**2. Anheizen:** Motor warmlaufen lassen bzw. intakte Glühkerzen mit einem separaten Kabel für 4 bis 5 Minuten bestromen (nur möglich bei Glühkerzen mit 11 bis 12 V Betriebsspannung) – dadurch wird die Glühkerze aufgeheizt und freigebrannt.

**3. Ausdrehen:** Anschließend weiteren Ausschraubversuch unternehmen und die Glühkerze vorsichtig mit einem geeigneten Werkzeug aus dem Zylinderkopf lösen. (Maximallösemoment nicht überschreiten – siehe Tabelle oben. Unbedingt vor dem Erreichen des Anzugsdrehmoments unterbrechen, notfalls weiteren Versuch durch Anheizen starten.)

Nach dem Ausschrauben der alten Glühkerzen immer Gewinde, Kegeldichtsitz und Glühkerzenkanal im Zylinderkopf mit dem entsprechenden Werkzeug reinigen. (siehe unten).

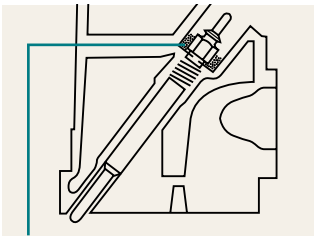
### ANZUGSDREHMOMENT
Beim Einschrauben der neuen Glühkerzen ist das vom Fahrzeughersteller vorgeschriebene Drehmoment zu beachten.

**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.

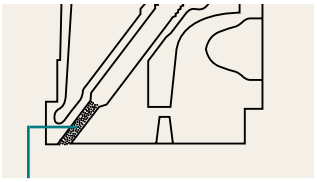
**WICHTIG BEIM GLÜHKERZENAUSTAUSCH: DREHMOMENTE BEACHTEN!**

**DREHMOMENTE FÜR DIE DEMONTAGE**

| GLÜHKERZEN-GEWINDE | ANZUGSDREH-MOMENT |
|---|---|
| M 8 | 20 Nm |
| M 9 | 22 Nm |
| M 10 | 35 Nm |
| M 12 | 45 Nm |



**Hier Synthetiköl einspritzen.**



**Diese Verbrennungsrückstände können mit Spezialwerkzeug wie einer Reibahle entfernt werden**

**ANZUGSDREHMOMENTE**

| GLÜHKERZEN-GEWINDE | ANZUGSDREH-MOMENT |
|---|---|
| M 8 | 8–10 Nm |
| M 9 | 8–10 Nm |
| M 10 | 15–20 Nm |
| M 12 | 15–25 Nm |

| GEWINDE VERBINDUNS-MUTTER | ANZUGSDREH-MOMENT |
|---|---|
| M 4 | 2 Nm |
| M 5 | 3 Nm |

# Glühkerzen Montagefett – Einsatz und Anwendung

### SO WIRD ES GEMACHT:
- **Glühkerzenbohrung provisorisch mit Lappen reinigen.**
- **Reibahle im Bereich der Schneide mit Fett bestreichen und in den Zylinderkopf einschrauben: Die Verbrennungsrückstände bleiben am Fett haften und werden beim Ausschrauben des Werkzeugs abtransportiert.**
- **Anschließend kann die neue Glühkerze problemlos montiert werden (wieder Anzugsdrehmoment beachten).**
- **Vor Einbau der Glühkerzen diese im Schaft- und Gewindebereich mit GK-Fett bestreichen (GFK01 – E6998902897A1).**

**GKF01 – E6998902897A1**

# BorgWarner.
# Driving your business.
## Now and in the future.

aftermarket.borgwarner.com

**BorgWarner Aftermarket Europe GmbH**
Morschheimer Straße 12
67292 Kirchheimbolanden, Germany
Tel.: +49(0)63 52 4 03-2300
customerserviceIAM@borgwarner.com

BORGWARNER