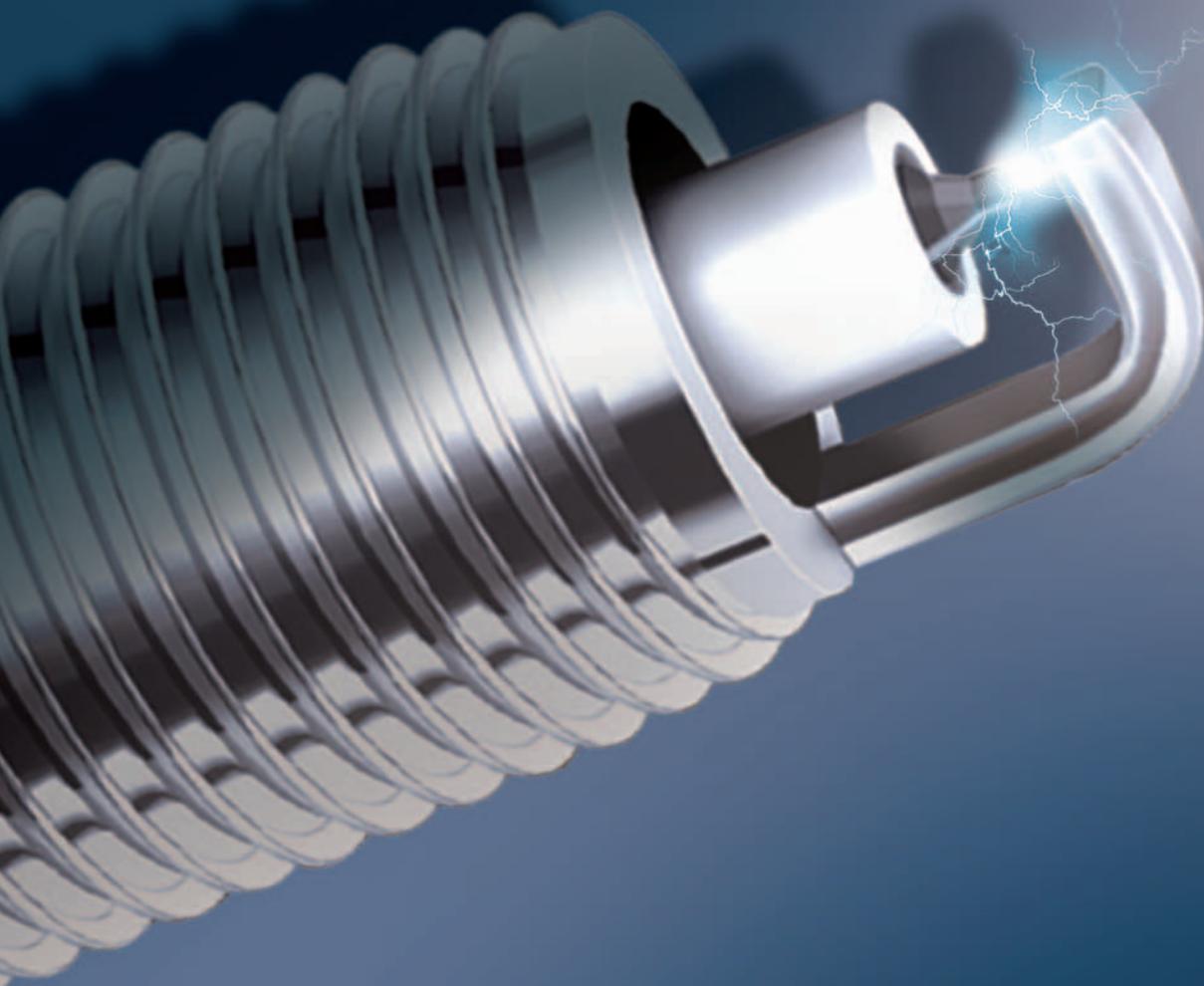


- Ultra
- Ultra X
- Ultra X Platin

# Alles über Zündkerzen

Technische  
Information  
Nr. 02



PERFEKTION EINGEBAUT  
PERFECTION BUILT IN  
PERFEIÇÃO INTEGRADA  
PERFEZIONE INTEGRATA



# Inhaltsverzeichnis

<i>Der Ottomotor</i>	<b>3</b>
Funktionsweise der Zündkerze im Ottomotor	3
Anforderungen an eine moderne Zündkerze	3
<i>Zündkerzen-Aufbau und -Typen</i>	<b>4</b>
Materialien	4
Elektrodenabstand	4
Die Zündkerze im Detail	4
Funkenlage und Funkenstrecke	5
Dichtsitz	5
<i>Wärmewert und Wärmeleitung</i>	<b>6</b>
Wärmewert	6
Einflüsse auf den Wärmewert	6
Wärmeleitung	6
<i>BERU Zündkerzen-Programm</i>	<b>7</b>
BERU Ultra X. Das Programm für x-trem hohe Ansprüche	7
BERU – die Entscheidung der Automobilhersteller	7
Sonder-Zündkerzen	7
<i>Tipps für die Werkstatt</i>	<b>8</b>
Zündkerzenprüfung	8/9
Funktionsstörungen und Verschleiß	10
Zündkerzen-Montage	10
BERU Montagehilfen	11
<i>Zukunft</i>	<b>12</b>
Die Zündkerzen-Zukunft	12
Hohe Anforderungen an neue Zündkerzen-Generationen	12
Verbesserung der keramischen Eigenschaften	13
Neue Zündkerzen-Geometrien für noch mehr Lebensdauer	13
Nochmalige Reduzierung der Fertigungstoleranzen	13
Neueste Mess- und Applikationssysteme	14
<i>Zündkerzen-Fertigung</i>	<b>14</b>
Vom Rohling zum Präzisionsteil	14
BERU Härtetests	15
BERU Qualitätsstandards	15
BERU Dienstleistungen	15

## Die Zündkerze – das Herz des Motors

Startwilligkeit, Lebensdauer, Leistung, Verbrauch und Abgasverhalten des Motors – diese wichtigen Parameter werden von der Zündkerze beeinflusst. Der die Funktion bestimmende Teil der Zündkerze steckt im Brennraum des Motors, nur ein Abschnitt des Isolators und das Anschlussstück sind von außen sichtbar.

Während des Betriebes haben Zündkerzen Höchstleistungen zu vollbringen: In allen Situationen müssen sie sicher zünden, korrekte Kaltstarts und aussetzerfreien Betrieb gewährleisten – auch bei Höchstbelastung – und ihren Teil zu einer optimalen und damit schadstoffarmen Verbrennung beitragen.

Dabei werden im Brennraum bis zu 3.000 °C und bis zu 50 bar Druck frei. Hinzu kommen Zündspannungen von bis zu 40.000 Volt. Auch chemische Einflüsse stellen hohe Anforderungen an die Qualität. Enorme Scherarbeit also, die von der Zündkerze viele tausend Kilometer lang verrichtet werden muss.

BERU Zündkerzen sind hoch spezialisierte Präzisionsteile, die nach Fahrzeugherstellervorgaben entwickelt und auf modernen Anlagen gefertigt werden.

# Der Ottomotor

## Funktionsweise der Zündkerze im Ottomotor

Im Gegensatz zu Dieselmotoren sind Ottomotoren fremdgezündet: Im Verdichtungstakt wird die Verbrennung des komprimierten Kraftstoff-Luft-Gemischs durch einen elektrischen Funken eingeleitet. Aufgabe der Zündkerze hierbei ist, diesen Funken zu erzeugen. Er entsteht durch die von der Zündspule erzeugte Hochspannung und springt zwischen den Elektroden über. Vom Funken ausgehend pflanzt sich eine Flammfront durch den gesamten Brennraum fort, bis das Gemisch verbrannt ist. Die frei werdende Wärme erhöht die Temperatur und der Druck im Zylinder steigt rapide an, wodurch der Kolben nach unten gedrückt wird. Die Bewegung wird über das Pleuel auf die Kurbelwelle übertragen – sie treibt über die Kupplung und die Achsen das Fahrzeug an.



## Anforderungen an eine moderne Zündkerze

Damit der Motor rund, kraftvoll und umweltfreundlich arbeiten kann, sind viele Voraussetzungen zu erfüllen: Die nötige Menge des optimal zusammengesetzten Kraftstoff-Luft-Gemischs im Zylinder muss vorhanden sein, der energiereiche Zündfunke muss zwischen den Elektroden zum exakt vorherbestimmten Zeitpunkt überspringen. Die Zündkerzen haben dabei Höchstleistungen zu erbringen: Zwischen rund 500 und 3.500 Mal pro Minute müssen sie einen kraftvollen Zündfunken liefern – auch bei stundenlanger Höchstleistung oder im Stop-and-go-Verkehr. Selbst bei  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  müssen sie dafür sorgen, dass die Betriebstemperatur schnell erreicht wird. Hightech-Zündkerzen sorgen für eine schadstoffarme Verbrennung und optimale Ausnutzung des Kraftstoffes – ohne Zündaussetzer, die dazu führen können, dass unverbrannter Kraftstoff in den Katalysator gelangt und diesen zerstört. Eine moderne Zündkerze muss folgende Anforderungen erfüllen:

Der Zündkerzenfunke leitet im Verdichtungstakt die Verbrennung des komprimierten Kraftstoff-Luft-Gemischs ein.

### Elektrische Anforderungen

- n Sichere Hochspannungsübertragung auch bei Zündspannungen bis 40.000 Volt
- n Hohe Isolierfähigkeit auch bei Temperaturen von  $1.000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Vermeidung von Durch- und Überschlägen

### Thermische Anforderungen

- n Beständigkeit gegen Thermoschocks (heiße Abgase – kaltes Ansaug-Gemisch)
- n Gute Wärmeleitfähigkeit des Isolatorfußes und der Elektroden

### Mechanische Anforderungen

- n Druck- und gasdichter Abschluss des Brennraums, Beständigkeit gegen oszillierende Drücke bis ca. 100 bar
- n Hohe mechanische Festigkeit für einen sicheren Einbau

### Elektrochemische Anforderungen

- n Beständigkeit gegen Funkenerosion, Verbrennungsgase und -rückstände
- n Vermeidung der Bildung von Ablagerungen auf dem Isolator

Die von BERU entwickelten und aus hochwertigen Materialien gefertigten Zündkerzen halten diesen extremen Anforderungen dauerhaft stand. Bereits bei der Motorenentwicklung arbeiten die BERU Ingenieure eng mit der Automobilindustrie zusammen, damit die Zündkerzen optimal auf die jeweiligen Voraussetzungen im Brennraum abgestimmt sind.

# Zündkerzen-Aufbau und -Typen

## Materialien

Um für die Vielzahl unterschiedlicher Motoren und Einsatzzwecke stets die optimale Zündkerze liefern zu können, bietet BERU eine ganze Palette von Zündkerzen an. Dabei werden für die Mittelelektroden ganz unterschiedliche Materialien verwendet. Sonderlegierungen auf Nickelbasis sowie Kupferkernelektroden zeichnen sich durch gute Wärmeableitung und hohe Korrosionsfestigkeit aus. Silber hat eine noch höhere Wärmeleitfähigkeit. Platin bietet optimale Abbrandfestigkeit und verlängert daher die Wechselintervalle. Ebenso wichtig ist die Masselektrode: Ihre Geometrie beeinflusst unter anderem Gemischzugänglichkeit, Verschleiß, Wärmeableitung und Zündspannungsbedarf. Je nach Brennraumform kann sie ganz verschieden gestaltet sein.

## Elektrodenabstand

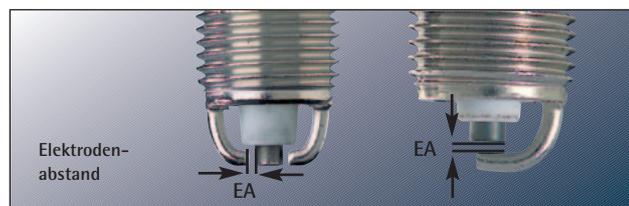
Ultra X Platin



Platin-Mittelelektrode

Den kürzesten Abstand zwischen Mittel- und Masselektrode(n) der Zündkerze nennt man Elektrodenabstand. Hier muss der Zündfunke überspringen. Der jeweils optimale Elektrodenabstand ist unter anderem abhängig vom Motor und wird in enger Zusammenarbeit mit dem Motoren- bzw. Fahrzeughersteller ermittelt. Höchste Präzision zur Einhaltung des Elektrodenabstands ist wichtig, denn ein falscher Abstand kann die Funktion der Kerze und damit die Leistungsfähigkeit des Motors erheblich verschlechtern.

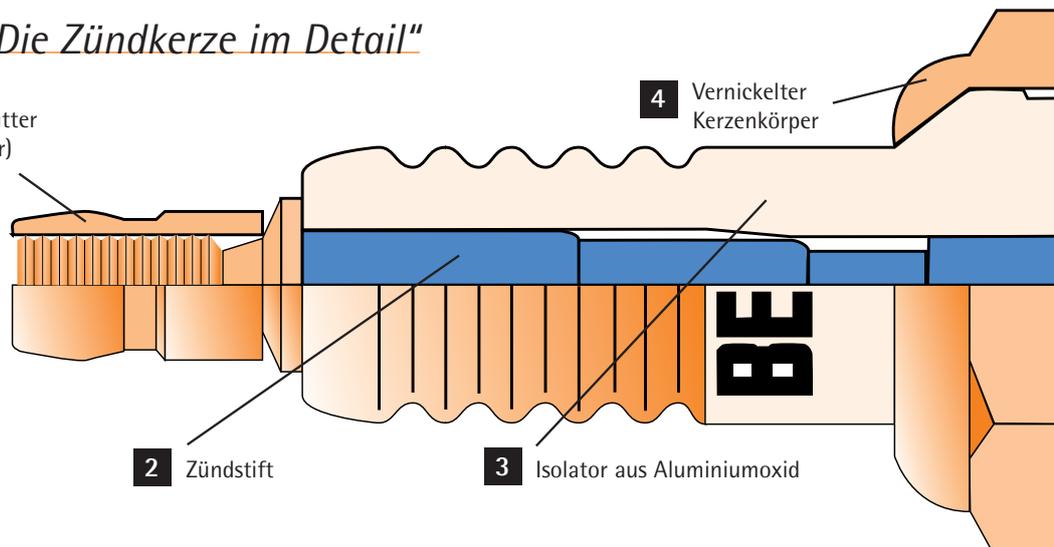
- Ist der Elektrodenabstand zu gering, kann dies eine unzureichende Entflammung, unruhigen Leerlauf und schlechte Abgaswerte zur Folge haben.
- Ein zu großer Elektrodenabstand kann zu Zündaussetzern führen.
- Bei Mehrelektroden-Kerzen erübrigt sich aufgrund der abgestimmten Funkenlage (beispielsweise Ultra X, Luft-/Gleitfunken-technik) das Nachstellen der Elektrodenabstände.



- 1 Anschluss für den Kerzenstecker (die Abb. zeigt einen neueren SAE-Anschluss, ältere Fahrzeuge sind mit M4-Anschlüssen ausgestattet). Leitet die Zündspannung an die Elektrode weiter.
- 2 In leitfähige Glasschmelze gasdicht eingeschlossener Stahlstift (Zündstift) als Verbindung zur Mittelelektrode.
- 3 Der Isolator besteht aus einer Aluminiumoxyd-Keramik und isoliert die Mittelelektrode bis 40.000 Volt gegen Masse.
- 4 Vernickelter Kerzenkörper wird im Wärmeschrumpfverfahren gasdicht mit dem Isolator verbunden. Gewinde dient zur Befestigung der Kerze im Motorblock.
- 5 Unverlierbarer äußerer Dichtring zur Abdichtung und Wärmeabfuhr.
- 6 Elektrische Verbindung von Zündstift und Mittelelektrode. Bei entstörten (R-)Typen Widerstandsglasschmelze. Durch entsprechende Beimischungen kann die Glasschmelze mit einem definierten Widerstand ausgestattet werden, um Abbrandfestigkeit und Entstöreigenschaften zu gewährleisten.
- 7 Der Innendichtring stellt die gasdichte Verbindung zwischen Isolator und metallischem Körper her und dient der Wärmeableitung.
- 8 Die Mittelelektrode ist ein mit Nickel ummantelter Kupferkern (bei der neuesten Fahrzeuggeneration mit Platinspitze), der in den Isolator eingebettet ist.
- 9 Der Isolatorfuß ragt in den Brennraum. Er beeinflusst wesentlich den Wärmewert der Zündkerze.
- 10 Der Einführungsansatz erleichtert das Einschrauben der Kerze.
- 11 Der Atmungsraum beeinflusst das Selbstreinigungsverhalten.
- 12 Am Zündkerzen-Körper sind eine oder mehrere Masselektroden angeschweißt, die mit der Mittelelektrode die Funkenstrecke bilden. Speziell entwickelte Nickel-Basis-Legierungen (bei der neuesten Fahrzeuggeneration mit Platinarmierung) erhöhen die Abbrandfestigkeit der Masselektrode.

## „Die Zündkerze im Detail“

- 1 SAE-Anschlussmutter (Kabelsteckmutter)



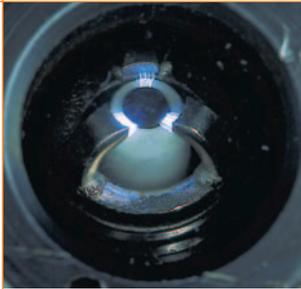
- 2 Zündstift

- 3 Isolator aus Aluminiumoxyd

- 4 Vernickelter Kerzenkörper

# Zündkerzen-Aufbau und -Typen

## Funkenlage und Funkenstrecke



Funkenstrecke

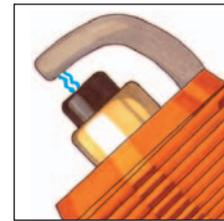
Zwei wesentliche Faktoren beeinflussen die Funktion der Zündkerze im Brennraum: die Funkenlage und die Funkenstrecke.

Funkenlage nennt man die von den Motoren-Entwicklern festgelegte Geometrie, wie weit die Funkenstrecke in den Brennraum hineinragt.

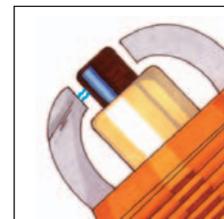
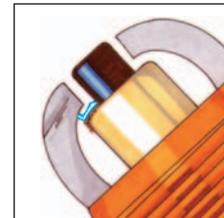
Bei der Funkenstrecke unterscheidet man zwischen:

- Luftfunkenstrecke: Weg, den der Funke zwischen den Elektroden zurücklegt, um das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Brennraum zu entzünden.
- Gleitfunkenstrecke: Weg, den der Funke zurücklegt, wenn er zunächst über die Oberfläche der Isolatorspitze gleitet, um dann zur Masseelektrode überzuspringen. Auf diesem Weg brennt er störende Ablagerungen und Verbrennungsrückstände weg.
- Luft-/Gleitfunkenstrecke: Funkenwege, die über die Luft und den Isolator laufen können. Durch Kombination voneinander unabhängiger Luft- und Gleitfunkenstrecken lässt sich der Elektrodenabbrand verringern, was zu einer deutlichen Verlängerung der Lebensdauer der Zündkerzen führt.

Luftfunkenstrecke



Gleitfunkenstrecke

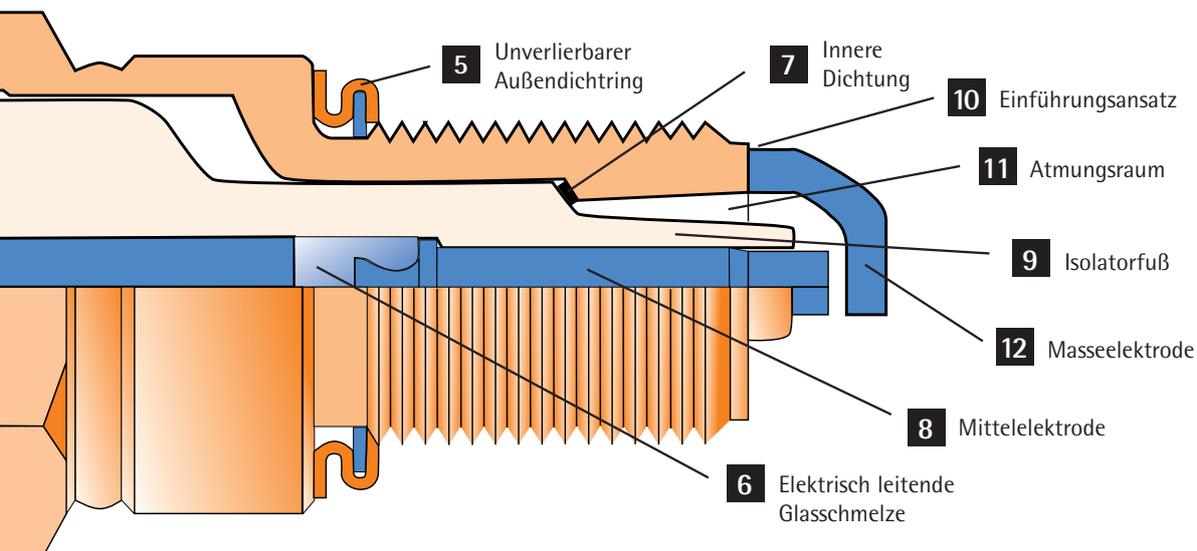
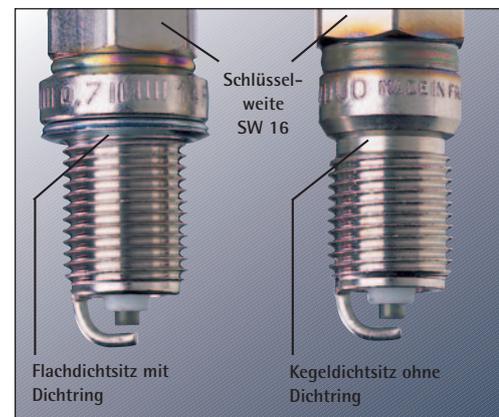


## Dichtsitz

Die Zündkerze muss gasdicht in den Zylinderkopf eingeschraubt sein. Je nach Motorbauweise unterscheidet man dabei zwei Abdichtungsarten:

- Flachdichtsitz oder Plandichtsitz: Ein unverlierbarer Außendichtring übernimmt am Kerzenkörper die Dichtungsfunktion.
- Kegeldichtsitz oder Konusdichtsitz: Die konusförmige Fläche des Kerzenkörpers sorgt in einer entsprechend geformten Auflagefläche des Zylinderkopfs für Abdichtung.

Bei beengten Einbauverhältnissen (z. B. Mehrventiler) werden häufig Fineline-Zündkerzen eingesetzt, die kleinere Schlüsselweiten und filigranere Abmessungen aufweisen.



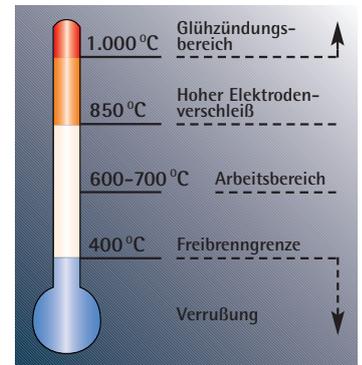
# Wärmewert und Wärmeleitung

## Wärmewert

Der Wärmewert ist ein Maß für die thermische Auslegung einer Zündkerze. Er gibt die maximale thermische Belastbarkeit an, die sich an der Zündkerze im Gleichgewicht zwischen Wärmeaufnahme und -abgabe einstellt.

Bei der Auswahl einer Zündkerze ist der Wärmewert genau einzuhalten:

- Ist die Wärmewert-Kennziffer zu hoch (beispielsweise 9), kann die Kerze die entstandene Wärme nicht rasch genug ableiten. Das führt zu Glühzündungen; das heißt nicht der Zündfunke, sondern die zu heiße Kerze entflammt das Gemisch.
- Ist die Wärmewert-Kennziffer zu niedrig (beispielsweise 5), wird bei geringer Motorleistung die zur Selbstreinigung der Kerze nötige Freibrenntemperatur nicht erreicht. Folge: Zündaussetzer, erhöhter Verbrauch und steigende Emissionen.



## Einflüsse auf den Wärmewert

Je höher die Motorleistung, desto höher ist meist auch die Brennraumtemperatur. Darauf muss die Kerze abgestimmt sein. Die Isolatorfußgröße beeinflusst maßgeblich die Wärmeaufnahme, die Wärmeableitung erfolgt über den Isolatorfuß, die Mittelelektrode und die innere Dichtung an den Kerzenkörper zum Zylinderkopf.

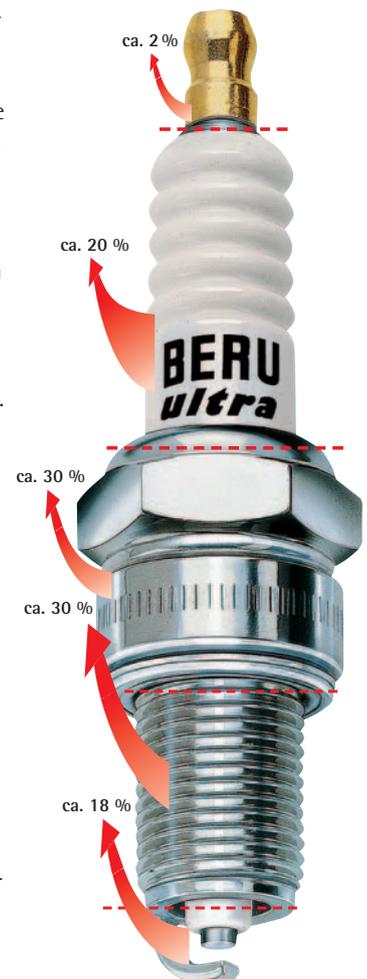
- Zündkerzen mit langem Isolatorfuß nehmen mehr Wärme aus dem Brennraum auf. Da sie auf dem langen Weg bis zum Kerzenkörper aber wenig Wärme abgeben können, nennt man sie heiße Zündkerzen.
- Zündkerzen mit kurzem Isolatorfuß nehmen weniger Wärme auf. Da sie auf dem kurzen Weg bis zum Kerzenkörper aber viel Wärme abgeben können, nennt man sie kalte Zündkerzen.

## Wärmeleitung

Beim Verbrennungsvorgang im Zylinder entstehen kurzzeitig Temperaturen von mehr als 3.000 °C, die auch die Zündkerze selbst aufheizen. Über verschiedene Wärmeleitwege gibt die Zündkerze rund 80 Prozent dieser aufgenommenen Hitze nach außen ab. Der größte Teil der Wärme wird vom Kerzengewinde direkt auf den Zylinderkopf übertragen. Deshalb muss die Zündkerze stets mit dem richtigen Drehmoment eingeschraubt sein. Nur rund 20 Prozent der Hitze nimmt das vorbeiströmende Kraftstoff-Luft-Gemisch auf und führt es ab.

Durch Verbundelektroden, zum Beispiel Ni-Elektroden mit Kupferkern, lässt sich die Wärmeabfuhr erheblich verbessern. Bei extrem weit in den Brennraum vorgezogenen Funkenlagen wird die Freibrenntemperatur durch spezielle Anpassung des Querschnitts und der wärmeaufnehmenden Oberfläche der Isolatorfußspitze schnell erreicht – und ein Abregeln der oberen Temperatur am Isolator unter 900 °C. Damit eignen sich so beschaffene Zündkerzen für Brennräume mit relativ niedrigen und auch für solche mit sehr hohen Temperaturen.

Wärmeleitwege einer Zündkerze

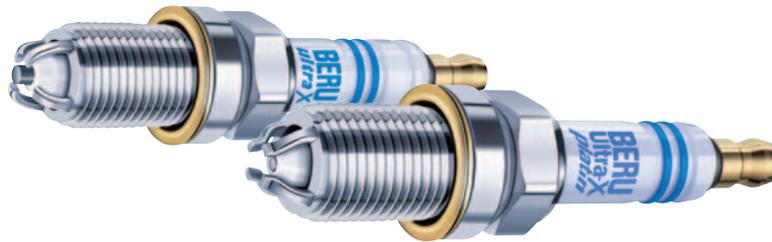


# BERU Zündkerzen-Programm

## BERU Ultra X. Das Programm für x-trem hohe Ansprüche

x-trem straffes Sortiment  
 x-trem hohe Marktabdeckung  
 x-trem innovativ:  
 Erstausrüster-Technologien

6 ULTRA X + 2 ULTRA X PLATIN = 8 STARKE TYPEN FÜR 93 % MARKTABDECKUNG!



### BERU Ultra X.

Die Zündkerzen-Innovation, die aktuelle Erstausrüster-Technologien vereint.

Die Zündkerzen-Innovation Ultra X wurde für die Autofahrer entwickelt, die von mehreren Erstausrüstungs-Technologien gleichzeitig profitieren wollen.

### BERU Ultra X Platin.

Die beste Ultra X. Für kompromisslos leistungsorientierte Autofahrer.

**Neu: Platin-Mittelelektrode**  
**Neu: Noch mehr Funkenwege**  
**Neu: Hörner Elektroden**  
**Neu: Duplex-Isolator**

Die Ultra X Platin ist konzipiert für die hohen Anforderungen der modernsten Motorgenerationen und bietet dem kompromisslos sportlichen und optimierungsorientierten Autofahrer das aktive Plus an Leistung, Zündsicherheit und Zuverlässigkeit.

## BERU – die Entscheidung der Automobilhersteller



### BERU Ultra.

Hochqualitative Zündkerzen, wie sie vielfach in der Erstausrüstung verbaut werden – für die Vielzahl unterschiedlicher Motoren und Einsatzzwecke.

- Umweltfreundliche Verbrennung: spart Benzin und schützt den Katalysator
- Sichere Zündung auch bei tiefen Temperaturen
- Lange Lebensdauer, hohe Standzeit
- Bewährte Materialien: Zweistoff-Mittelelektrode mit nickelummanteltem Kupferkern
- Zwölf-Millimeter-Technologie mit Schlüsselweite 14
- Reduzierte Gewindedurchmesser
- Gewindelänge 26,5 Millimeter
- Zündsicher durch Corona-Entladung

### BERU Bi-Hex.

## Sonder-Zündkerzen

BERU fertigt Spezial-Zündkerzen für unterschiedlichste Anwendungsfälle:

1. Kompakt-Zündkerzen für die besonders beengten Platzverhältnisse bei Motorsägen oder Rasenmähern
2. Vollabgeschirmte Zündkerzen mit Stahlmantel bei sehr hohen Ansprüchen an die Entstörung, zum Beispiel für Behördenfahrzeuge
3. Zündkerzen für Gasmotoren von gasbetriebenen Fahrzeugen und Stationärmotoren für Industrieanwendungen
4. Mess-Zündkerzen speziell für Prüf- und Versuchsmotoren



# Tipps für die Werkstatt

## Zündkerzenprüfung



Bei der Sichtprüfung der Zündkerze treten die unterschiedlichsten Schadensbilder zu Tage. Hier eine Übersicht mit der Beschreibung von Ursachen, Auswirkungen und Abhilfemöglichkeiten:

### NORMAL (1)

**Geringer Elektrodenabbrand und ein grauweiß-graugelb bis rehbraun verfärbter Isolatorfuß: Motoreinstellungen sind in Ordnung, Wärmewert stimmt.**



### VERRUSST (2)

**Isolatorfuß, Elektroden und Zündkerzengehäuse mit samtartigem, schwarzem Ruß bedeckt.**

**Ursache:** Fehlerhafte Gemischeinstellung: Gemisch zu fett, Luftfilter stark verschmutzt, defekte Kaltstarteinrichtung. Überwiegender Einsatz im Kurzstreckenverkehr. Zündkerze zu kalt, Wärmewert-Kennzahl zu niedrig.

**Auswirkung:** Durch Kriechströme kommt es zu schlechtem Kaltstartverhalten und Zündaussetzern. So kann unverbrannter Kraftstoff in den Kat gelangen und diesen schädigen.

**Abhilfe:** Gemisch und Starteinrichtung richtig einstellen, Luftfilter prüfen.



### VERÖLT (3)

**Isolatorfuß, Elektroden und Zündkerzengehäuse mit schwärzlichem Ölfilm überzogen.**

**Ursache:** Zu viel Öl im Verbrennungsraum, Ölstand ist zu hoch, stark verschlissene Kolbenringe, Zylinder und Ventilführungen.

**Auswirkung:** Zündaussetzer oder sogar Kurzschluss der Zündkerze, Totalausfall.

**Abhilfe:** Motor überholen, richtiges Kraftstoff-Öl-Gemisch, neue Original BERU Markenzündkerzen einbauen.



### GLASURBILDUNG (4)

**Isolatorfuß weist stellenweise braungelbe Glasur auf, die auch ins Grünliche gehen kann.**

**Ursache:** Zusätze im Benzin und Motoröl bilden ascheartige Ablagerungen.

**Auswirkung:** Unter zu plötzlicher Vollbelastung des Motors werden diese Ablagerungen verflüssigt und elektrisch leitfähig.

**Abhilfe:** Kraftstoffaufbereitung exakt einstellen, neue Original BERU Markenzündkerzen einbauen.



### ABLAGERUNGEN (5)

**Starke Ablagerungen aus Öl- und Kraftstoffzusätzen auf dem Isolatorfuß und auf der Masselektrode. Schlackenähnliche Ablagerungen (Ölkohle).**

**Ursache:** Legierungsbestandteile, insbesondere aus Öl, können Rückstände bilden, die sich im Brennraum und auf der Zündkerze ablagern.

**Auswirkung:** Kann zu Glühzündungen mit Leistungsverlust und zu Motorschäden führen.

**Abhilfe:** Motoreinstellungen überprüfen. Neue Original BERU Markenzündkerzen einbauen, evtl. Ölsorte wechseln.

# Tipps für die Werkstatt



## ANGESCHMOLZENE MITTELELEKTRODE (6)

**Mittelelektrode angeschmolzen, blasige, schwammartige, erweichte Isolatorfußspitze.**

**Ursache:** Thermische Überlastung durch Glühzündungen, z. B. durch zu frühe Zündstellung, Verbrennungsrückstände im Brennraum, defekte Ventile, schadhafte Zündverteiler, unzureichende Kraftstoffqualität, evtl. Wärmewert zu niedrig, Anzugsdrehmoment nicht beachtet.

**Auswirkungen:** Zündaussetzer, Leistungsverlust (Motorschaden).

**Abhilfe:** Motor, Zündung, Gemischaufbereitung, Anzugsmomente der Zündkerzen überprüfen. Neue Original BERU Markenzündkerzen mit richtigem Wärmewert einbauen.



## ISOLATORFUSSBRUCH (7)

**Ausbrüche am Isolatorfuß.**

**Ursache:** Mechanische Beschädigung bei unsachgemäßer Handhabung. Im Anfangsstadium häufig nur als Haarriss erkennbar. In Grenzfällen kann durch Ablagerungen zwischen Mittelelektrode und Isolatorfuß – besonders bei überlanger Betriebsdauer – der Isolator gesprengt werden. Klopfender Motorbetrieb.

**Auswirkung:** Zündaussetzer, Zündfunke springt an Stellen über, die durch Frischgemisch nicht sicher erreicht werden.

**Abhilfe:** Neue Original BERU Markenzündkerzen einbauen.



## STARKER VERSCHLEISS DER ELEKTRODEN (8)

**Mittel- und/oder Masseelektrode weisen sichtbaren Materialverlust auf.**

**Ursache:** Aggressive Kraftstoff- und Ölzusätze. Ungünstige Strömungseinflüsse im Brennraum evtl. durch Ablagerungen. Motor-klopfen, thermische Überlastung, falsche Zündkerze verbaut.

**Auswirkung:** Zündaussetzer, besonders beim Beschleunigen (Zündspannung für großen Elektrodenabstand nicht mehr ausreichend). Schlechtes Startverhalten.

**Abhilfe:** Neue Original BERU Markenzündkerzen einbauen.



## ANGESCHMOLZENE ELEKTRODEN (9)

**Blumenkohlarziges Aussehen der Elektroden. Evtl. Niederschlag von kerzenfremden Materialien.**

**Ursache:** Thermische Überlastung durch Glühzündungen, z. B. durch zu frühe Zündstellung, Verbrennungsrückstände im Brennraum, defekte Ventile, schadhafte Zündverteiler, unzureichende Kraftstoffqualität, nicht vorschriftsmäßig angezogene Zündkerze.

**Auswirkung:** Vor Totalausfall (Motorschaden) tritt Leistungsverlust auf.

**Abhilfe:** Motor, Zündung und Gemischaufbereitung prüfen, Anzugsmomente der Zündkerzen überprüfen. Neue Original BERU Markenzündkerzen einbauen.



## ZÜNDKERZENSTECKER VERSPRÖDET (10)

**Ursache:** thermische Überlastung, alte Stecker.

**Auswirkung:** Zündaussetzer.

**Abhilfe:** Neue Original BERU Markenstecker und -zündkerzen einbauen, Isolatorhals mit BERU Steckerfett einfetten (siehe S. 11).

Das korrekte Anzugsdrehmoment ist wichtige Voraussetzung für eine einwandfreie Funktion der Zündkerze. Ein zu hohes Anzugsdrehmoment kann die Kerze beschädigen, ein zu niedriges hingegen bewirkt eine schlechte Dichtung und Wärmeableitung. Bei korrektem Anzugsdrehmoment liegt die Dichtungsstärke der Zündkerze zwischen 1,29 und 1,59 mm (siehe Tabelle, Angaben gelten für Kerzen mit M14-Gewinde).

Dichtungsstärke	Angewandtes Anzugsdrehmoment
1,61 mm	10 Nm
1,59 mm	20 Nm
1,29 mm	30 Nm
1,25 mm	40 Nm
1,24 mm	50 Nm
1,22 mm	60 Nm
1,20 mm	70 Nm
1,19 mm	80 Nm
1,17 mm	90 Nm
1,15 mm	100 Nm



## Tipps für die Werkstatt

### *Funktionsstörungen und Verschleiß*



Unser Tipp für härteste Beanspruchung: **BERU Ultra X**

Überlastung, schlechter Kraftstoff, falsche Kerzenwahl und Stop-and-go-Verkehr sind nur ein paar der Einflüsse, die zu Funktionsstörungen an der Zündkerze führen können. Hier eine kurze Checkliste, die Ihnen hilft, den Fehler zu erkennen:

Symptom	Ursache	mögliche Folgeschäden
Funkenerosion, Korrosion	Thermische Überlastung Falscher oder schlechter Kraftstoff Falscher Wärmewert	Angeschmolzene Elektroden Glühzündung Zündaussetzer (durch größeren Elektrodenabstand)
Glühzündungen	Rückstände im Brennraum Defekte Ventile Kerzen mit falschem Wärmewert Kraftstoff mit zu geringer Oktanzahl	Kolbenschäden Ventilschäden Zündkerzenschäden
Klopfende Verbrennung	Kraftstoff mit zu geringer Oktanzahl Falscher Zündzeitpunkt Zu hohe Verdichtung	Unkontrollierter Druck- und Temperaturanstieg kann zu Kolben- und Zündkerzenschäden führen
Zündaussetzer	Defekter, gealterter, undichter Zündkerzenstecker	Funkenüberschläge am Isolator weitere Zündaussetzer

*Die Luft-/Gleitfunkenkerze mit nickelummanteltem Kupferkern und 4 paarweise versetzten, in X-Form angeordneten Masselektroden bietet höchste Zündsicherheit: Der Funke hat bis zu 8 verschiedene Möglichkeiten, das Luft-Benzin-Gemisch zu entzünden!*



Eine Ultra X-Zündkerze, ausgewechselt im Rahmen der Inspektion: Der Isolatorfuß ist frei von Ablagerungen, sowohl Masse- als auch Mittelelektrode weisen nur einen geringen Abbrand auf.

### *Zündkerzen-Montage*

Da Zündkerzen für bestimmte Motoren konzipiert sind, müssen stets die richtigen Kerzen verwendet werden – ein falscher Wärmewert oder Elektrodenabstand sowie eine falsche Gewindelänge können zu einer Minderung der Motorleistung oder gar einer Schädigung des Motors und/oder Katalysators führen. Ebenso unerlässlich ist ein sorgfältiger Aus- und Einbau.

- Beim Ausbau ist darauf zu achten, dass kein Schmutz in den Brennraum gelangt. Deshalb Kerze erst um einige Gewindgänge lockern, Kerzenschacht mit Druckluft oder Pinsel reinigen, dann Kerze ganz herausschrauben.
- Isolator der Zündkerze dünn mit BERU Spezialfett bestreichen (Best.-Nr. 0 890 300 029).
- Beim Einbau sollten Kerzengewinde und Zylinderkopfbohrung sauber sein. Bei BERU Zündkerzen macht eine Nickelbeschichtung des Kerzenkörpers ein Einfetten überflüssig. Auf das richtige Anziehdrehmoment (siehe Tabelle) achten.
- Achtung: Heruntergefallene Zündkerzen dürfen nicht mehr verwendet werden, denn auch unsichtbare Beschädigungen können Zündaussetzer oder gar Katalysatorschäden zur Folge haben.
- Zündkerzenstecker auf Verschleiß prüfen. Sind Versprödungen oder feinste Haarrisse zu erkennen, tauschen Sie die Stecker.

# Tipps für die Werkstatt

## WICHTIG BEI DER MONTAGE: DAS EXAKTE ANZUGSDREHMOMENT

Tritt trotz vorschriftsmäßigem Anzugsdrehmoment extremer Abbrand oder Abschmelzen der Mittelelektrode auf, liegt die Ursache mit großer Wahrscheinlichkeit am unkontrollierten Verbrennungsablauf (z. B. Glühzündung oder Hochgeschwindigkeitsklingeln). Mögliche Gründe: falscher Zündzeitpunkt, zu eng eingestelltes Auslassventil, ungeeignete Kraftstoffqualität, Ablagerungen im Brennraum oder zu mageres Kraftstoffgemisch.

## BERU Montagehilfen

Für den einfachen und sicheren Zündkerzenwechsel ohne Verkanten des Schlüssels und ohne Isolatorrisse empfehlen wir den Einsatz von Spezialwerkzeugen.

### BERU ZÜNDKERZEN-MONTAGEHILFE ZMH 001

der verlängerte Arm des Mechanikers

**DAS PROBLEM** Im Motorraum herrscht zumeist drangvolle Enge. Beim Ein- und Ausschrauben der Zündkerze kann es nicht nur zu Verletzungen und Verbrennungen der Hand am Motor kommen – auch die Zündkerze kann durch Herunterfallen beschädigt werden.

**DIE LÖSUNG** Die BERU Zündkerzen-Montagehilfe aus Gummi arbeitet als „verlängerter Arm des Monteurs“: Sie hält die Zündkerze sicher fest und ermöglicht nach dem Lockern bzw. vor dem Anziehen der Zündkerze ein behutsames Ein- und Ausdrehen.

### BERU ZÜNDKERZEN-MONTAGEHILFE ZMH 002

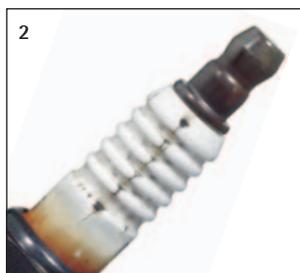
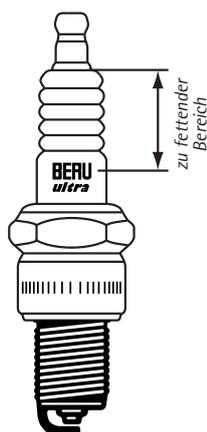
sicherer Zündkerzenwechsel ohne Verkanten

**DAS PROBLEM** Durch die relativ große Öffnung des Zündkerzenschachtes besteht beim Ein- und Ausbau von Zündkerzen mit einer Verlängerung die Gefahr, dass der Zündkerzenschlüssel schräg geführt wird und einen Bruch des Zündkerzenisolators verursacht. Die Folge: Zündaussetzer durch Spannungsüberschläge am gesprungenen Zündkerzenisolator können den Katalysator zerstören.

**DIE LÖSUNG** Das BERU Montagewerkzeug für den Einsatz bei nahezu allen Fahrzeugmodellen wird einfach in die 3/8"-Zündkerzenverlängerung eingesteckt und in den Zündkerzenschacht gedrückt. Der Zündkerzenschlüssel bleibt damit parallel zum Schacht und kann nicht verkantet werden.

### BERU SPEZIALFETT ZKF 001

Um einem Verbacken des Zündkerzensteckers mit dem Zündkerzenhals und damit beschädigten Dichtlippen vorzubeugen, empfehlen wir, den Stecker vor der Montage mit Spezialfett von BERU zu bestreichen. Damit wird auch die Überschlagsfestigkeit erhöht.



Anziehmomente in Nm, Gewinde darf nicht gefettet sein

Flachdichtsitzkerzen:	Kerzengewinde	Zylinderkopf	
		Gusseisen	Leichtmetall
	M 12x1,25	15-25	15-20
	M 14x1,25	30-40	25-30
	M 18x1,5	30-45	20-35

Kegeldichtsitzkerzen:	Kerzengewinde	Zylinderkopf	
		Gusseisen	Leichtmetall
	M 14x1,25	15-25	12-20
	M 18x1,5	15-30	15-25



Artikel-Bezeichnung	BERU Kurz-Nr.	BERU Bestell-Nr.
Zündkerzen-Montagehilfe	ZMH 001	0 890 000 001



Artikel-Bezeichnung	BERU Kurz-Nr.	BERU Bestell-Nr.
Zündkerzen-Montagehilfe	ZMH 002	0 890 000 002

Artikel-Bezeichnung	BERU Kurz-Nr.	BERU Bestell-Nr.
BERU Spezialfett, Tube 10 g	ZKF 001	0 890 300 029

- Tragen Sie BERU Zündkerzen-Steckerfett vor dem Einschrauben der Zündkerze direkt auf den Stecker auf – zum Schutz vor Versprödung und Hochspannungsüberschlägen.
- Spuren von Hochspannungsüberschlägen

## Die Zündkerzen-Zukunft

Bei der Entwicklung von modernen Benzin-Motoren gehen die Technik-Trends zu geänderten Brennverfahren und hoch aufgeladenen, kleineren Aggregaten. BERU Ingenieure entwickeln dazu in enger Abstimmung mit internationalen Automobilherstellern die optimalen Zündkerzen.

Weniger Verbrauch, geringere Emissionen, mehr Fahrspaß: Auf diesen einfachen Nenner lassen sich derzeit die Technik-Trends bei der Ottomotoren-Entwicklung bringen. Dominierte lange der Saugmotor mit Saugrohr-Einspritzung und geregelterm Dreiwege-Katalysator, befinden sich die Automobilhersteller derzeit in einer gravierenden Umstellungsphase. Teilvariabilität im Ventiltrieb durch Phaser oder Ventilhubsteuerung sowie Direkteinspritzung mit wand- oder luftgeführter Verbrennung sind heute Stand der Technik. Die neueste Generation von Einspritzsystemen mit piezogesteuertem Injektor erweitert den Bereich des ungedrosselten, mageren Motorbetriebs und soll somit die geforderte Verminderung von Verbrauch und Emissionen gewährleisten.

Daraus ergeben sich neue Anforderungen an die Zündkerzen:

- Kleinere Bauformen
- Positionierte Körperelektroden (Masseelektroden)
- Genauere Funkenlagen sowie eine
- Höhere dielektrische und mechanische Festigkeit der Zündkerzenkeramik

## Hohe Anforderungen an neue Zündkerzen-Generationen

Durch die neuen Direkteinspritzsysteme steht der Zündkerze in Ottomotoren weniger Raum im Zylinderkopf zur Verfügung. Dies bedingt wiederum ein verlängertes Einschraubgewinde und/oder eine geänderte Zündkerzen-Geometrie. Vermehrt sind M12-Zündkerzen in Verwendung, die allerdings im Vergleich zu herkömmlichen M14-Zündkerzen mit einer reduzierten keramischen Wandstärke auskommen müssen. Die gegensätzlichen Forderungen – kleinere Wandstärken am Isolator und größerer Spannungsbedarf – machen Neuentwicklungen von Werkstoff, Geometrie und Verfahren nötig.

Ein weiterer Entwicklungstrend bei modernen Benzinern ist das so genannte Downsizing mit Aufladung. Folge der gesteigerten Ladungsdichte ist ein höherer Zündspannungsbedarf, der ebenfalls größere Anforderungen an die dielektrischen und mechanischen Eigenschaften der Zündkerzen-Keramik stellt.



BERU Ingenieure entwickeln in enger Abstimmung mit internationalen Automobilherstellern innovative Zündkerzen-Konzepte für moderne Ottomotoren.

# Zukunft

## Verbesserung der keramischen Eigenschaften

Als Isolatormaterial für Pkw-Zündkerzen hat sich eine Keramik auf Basis von Tonerde bewährt, da dieser Werkstoff die elektrischen und mechanischen Forderungen in punkto Durchschlagfestigkeit auch bei Temperaturen bis 1.000°C erfüllt. Eigenschaftsbestimmende Hauptgröße der aktuellen Keramik ist ihre Restporosität. Um diese deutlich zu reduzieren und damit die Durchschlagfestigkeit und mechanische Festigkeit der Zündkerzen nochmals zu verbessern, haben BERU Entwickler unter anderem Modifikationen der Zuschlagsstoffe vorgenommen.

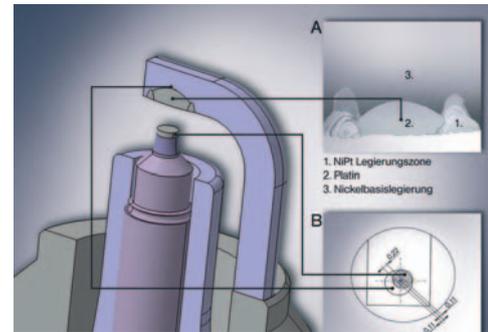
## Neue Zündkerzen-Geometrien für noch mehr Lebensdauer

Die Automobilhersteller fordern derzeit bei M12-Zündkerzen wie bei M14-Zündkerzen ein Lebensdauerziel von 60.000 bis 100.000 Kilometer. Dabei sollte der Anstieg des elektrischen Spannungsbedarfs durch Verschleiß an der Zündkerzen-Funkenstrecke so gering wie möglich sein. Dazu ist die Entwicklung neuartiger Elektrodengeometrien, Werkstoffe und Verfahren nötig. Bei Zündkerzen mit Elektroden auf Basis einer Nickellegierung wird der Verschleißmechanismus wesentlich von der Oxidation bestimmt. Daraus ergibt sich die Forderung nach Nickellegierungen mit einer stabilen, dauerhaften Oxidschicht. Bei Zündkerzen, deren Elektroden mit oxidationsstabilisiertem Edelmetall, z.B. Platin armiert sind, muss vor allem eine dauerhafte Verbindung des Edelmetalls auf den nickelbasierten Zündkerzen-Elektroden gewährleistet sein.

## Nochmalige Reduzierung der Fertigungstoleranzen

Wesentlich für eine sichere Entflammung bei Ottomotoren mit strahlgeführter Direkteinspritzung sind präzise gefertigte Zündkerzen mit positionierbaren Körperelektroden. Dies erfordert sowohl definierte Anströmungsverhältnisse der Funkenstrecke als auch die Verringerung der Zuordnungstoleranzen von Injektor und Zündkerze mit einem eng tolerierten Funkenort. Durch eine Optimierung der Fertigungsprozesse und die Verwendung verschieden dicker innerer Dichtringe ist BERU in der Lage, die Toleranzen der Funkenlage soweit einzuengen, dass die Position der Funkenstrecke mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,2$  mm sichergestellt ist.

Genauso wichtig wie der exakte Funkenort ist die definierte Ausrichtung der Körperelektrode, damit die Gemischbildung nicht behindert wird. Die lagegenaue Positionierung der Körperelektrode benötigt einen definierten Gewindeanschnitt im Zylinderkopf. Durch Ausrichten, Einstellen und die Positionierung des Körpers mittels eines optischen Messsystems erreicht BERU hier eine Toleranz von  $\pm 15^\circ$ .



Die nickelbasierten Elektroden von BERU Highend-Zündkerzen sind mit oxidationsstabilisiertem Edelmetall wie z. B. Platin armiert. Mit Hilfe eines speziellen Laserschweißverfahrens stellt BERU eine äußerst dauerhafte Verbindung beider Materialien sicher (A). Eine Überdeckung der Edelmetallflächen an Mittel- und Körperelektrode von mindestens 92 Prozent (B) ermöglicht extrem hohe Laufleistungen.

# Zukunft

## Neueste Mess- und Applikationssysteme

Die Entwicklung motorspezifischer Zündkerzen erfordert eine enge Zusammenarbeit von Automobilhersteller und Zündkerzen-Lieferant. Voraussetzungen hierzu sind optimale technische Möglichkeiten zur Ermittlung

- des geeigneten Wärmewerts,
- der Elektrodentemperaturen,
- des Zündspannungsbedarfs,
- des Zündspannungsangebots,
- des optimalen Kaltstartverhaltens der Zündkerzen.

BERU hat für sämtliche Bereiche eine spezielle Messtechnik entwickelt, die auch als mobiles Applikationssystem zur Verfügung steht. Die Überprüfung von Kaltstarteigenschaften der Zündkerzen kann im Forschungs- und Entwicklungszentrum in Ludwigsburg nach einem festgelegten Prüfzyklus im Fahrzeug in einer Kältezelle mit Rollenprüfstand durchgeführt werden.



Auf dem Zweiachs-Rollenprüfstand im Ludwigsburger BERU Forschungs- und Entwicklungszentrum werden die Kaltstarteigenschaften der Zündkerzen getestet.

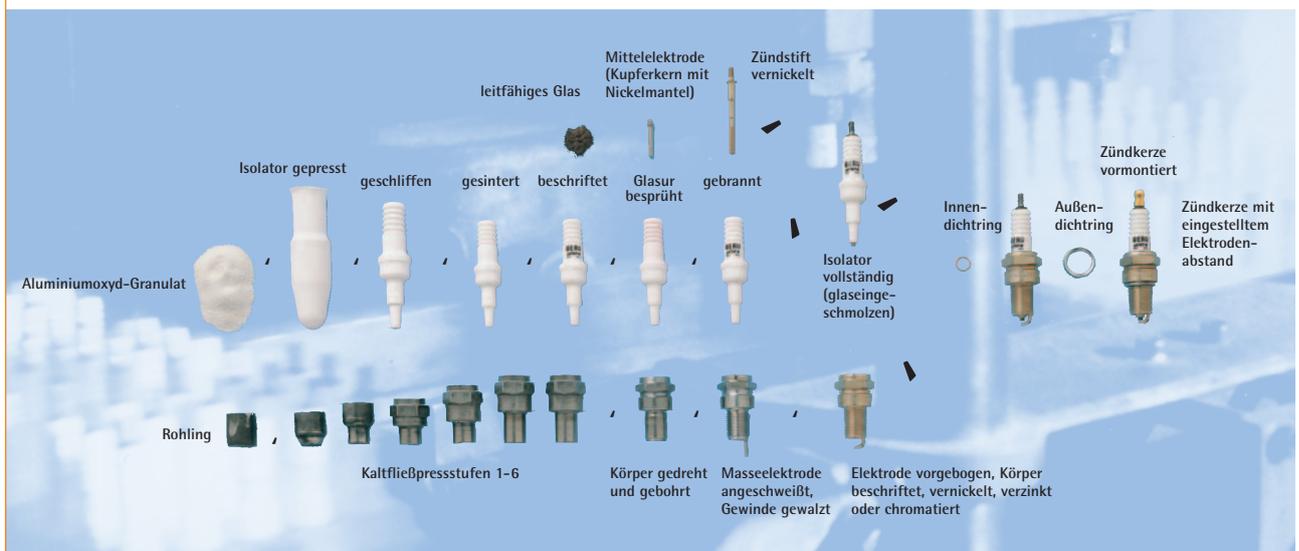
## Zündkerzen-Fertigung

### Vom Rohling zum Präzisionsteil

Original BERU Markenzündkerzen werden in eigenen Werken auf computergesteuerten Fertigungsanlagen produziert – von der Keramikaufbereitung für die Herstellung von Isolatoren aus hochwertigem Aluminiumoxyd bis zur Montage des Außendichtrings.



Isolatorenprüfung bei 40.000 Volt: Auf Prüfständen müssen BERU Zündkerzen ihre Zuverlässigkeit vor dem Serienanlauf unter Beweis stellen.



# Zündkerzen-Fertigung

## *BERU Härtetests*

Ob im Stop-and-go-Verkehr oder Autobahnmarathon, bei klirrender Kälte oder brütender Hitze – eine BERU Zündkerze muss immer funktionieren. Um den hohen Qualitätsansprüchen gerecht zu werden, werden die BERU Zündkerzen bei der Entwicklung und nach der Produktion unterschiedlichen Tests unterzogen.

## *BERU Qualitätsstandards*

Qualität ist das oberste Gebot, um im internationalen Wettbewerb zu bestehen. Die Werke der BERU Gruppe sind nach weltweit gültigen Qualitätsnormen wie zum Beispiel DIN ISO 9001:2000 zertifiziert. In Deutschland werden darüber hinaus die Anforderungen nach ISO/TS16949 und der DIN EN ISO 14001 erfüllt. Die Zertifikate werden regelmäßig erneuert und entsprechen dem jeweils aktuellsten Stand.

Rund zehn Prozent aller BERU Mitarbeiter sind im Bereich Qualitätssicherung tätig. Ein Grundsatz der BERU Qualitätsphilosophie lautet: Produktionsüberwachung statt Produktüberprüfung. Denn Qualität muss gefertigt und nicht erprüft werden. Dabei setzt BERU auf qualifizierte Mitarbeiter und auf modernste, computergestützte Verfahren. Nur sie garantieren, dass die den Kunden zugesicherten Eigenschaften auch bei jeder Kerze zuverlässig eingehalten werden. Doch die Qualitätssicherung beginnt bereits bei der eigenen Lieferanten- und Materialauswahl: Zuverlässige Partner und beste Rohstoffe sind Grundvoraussetzungen für die kompromisslose Qualität.

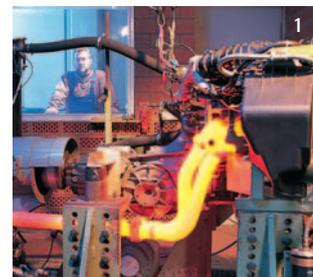
## *BERU Dienstleistungen*

Heute zählt BERU international zu den führenden Anbietern für Kfz-Elektrik. Als mittelständisches Unternehmen ist BERU flexibel und reaktionsschnell, wenn es um die Umsetzung von Kundenwünschen geht. Rund 150 Entwickler und Konstrukteure arbeiten an der permanenten Optimierung vorhandener Produkte und der Entwicklung von Innovationen – in engem Dialog mit den Kunden aus dem Automobil- und Motorenbau. Spezielle Applikationen, eigens auf die BERU Partner abgestimmt, sichern den Fahrzeugherstellern Produkte, die exakt auf ihre Bedürfnisse maßgeschneidert sind. Mehr und mehr bietet BERU deshalb komplette Systemlösungen statt einzelner Komponenten an.

Zündkerzen sind Verschleißteile, die regelmäßig ausgewechselt werden müssen. Sonst droht die Gefahr unvollständiger Verbrennung. Dadurch wiederum steigen Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß stark an. Durch Zündaussetzer gelangt zudem unverbrannter Kraftstoff in den Katalysator, verbrennt dort nach und heizt den Kat-Träger auf. Treten die Zündaussetzer vermehrt auf, kann der Katalysator völlig zerstört werden – und der Schadstoffausstoß bis aufs Zehnfache ansteigen: So ist die gesetzlich vorgeschriebene Abgasuntersuchung nicht zu schaffen.

Bedenkt man, dass je nach Zylinderzahl und Kerzentyp ein kompletter Kerzensatz schon ab rund 12 Euro zu haben ist, ein Katalysatoraustausch aber mit mindestens 800 Euro zu Buche schlägt, wird klar, wie wichtig die regelmäßige Zündkerzenkontrolle und der rechtzeitige Kerzenwechsel sind.

Generell gilt: Unabhängig von der Jahresfahrleistung sollten die Zündkerzen spätestens nach 2 Jahren ausgetauscht werden – zur Erhaltung der Motorleistung und zum Schutz des Katalysators.



1



2

1 | Lebensdauer-Prüfstand

2 | Blick in die Kältekammer im BERU Forschungs- und Entwicklungszentrum: Test des Kaltstartverhaltens in der Kältezelle bei -30 °C.



**BERU AG**  
Mörikestraße 155  
71636 Ludwigsburg  
Tel: +49-7141-132-366  
Fax: +49-7141-132-760  
E-Mail: [info@beru.de](mailto:info@beru.de)  
[www.beru.com](http://www.beru.com)

