Zündungstechnik

TECHNISCHE INFORMATION

BERU

Alles über Zündspulen

BORGWARNER

Inhalt

Einleitung 3

Der Ottomotor 4

Funktion von Zündspulen im Ottomotor 4

Anforderungen an moderne Zündspulen 5

Zündspulen – Aufbau und Arbeitsweise 5

Begriffe aus der Zündungstechnik 6

Wie viele Zündfunken braucht ein Motor? 7

Zündspulendaten/Kenngrößen 7

Zündspulen – Typen und System 8

Becherzündspulen 8

Elektronische Verteilerzündspulen 9

Doppelfunken-Zündspulen 9

Zündspulenleisten/Rails 11

Kerzenschacht-/Stecker-/Smart-Plug-Top-Coil-Zündspulen 11

Zündspulen – Fertigung 14

Schritt für Schritt zum Präzisionsprodukt 14

Geprüfte Qualität 15

Original und Fälschung 15

Tipps für die Werkstatt 17

Gründe für Ersatzbedarf 17

Sachgemäße De-/Montage 18

Spezialwerkzeug zum Zündspulentausch 18

Testen und Prüfen 20

Schritt für Schritt den Defekt finden 21

Selbsttest 22

Weniger Emissionen, geringerer Kraftstoffverbrauch, höhere Zündspannung, knappste Platzverhältnisse in Antriebsaggregat und Motorraum: Die konstruktiven Anforderungen an moderne Zündspulen steigen ständig. Die Aufgabe des Zündsystems von Ottomotoren ist zwar nach wie vor dieselbe: Das Kraftstoff-/Luftgemisch muss zum richtigen Zeitpunkt mit der optimalen Zündenergie so zünden, dass eine möglichst vollständige Verbrennung erfolgt. Zur Senkung von Kraftstoffverbrauch und Abgasen und zur Steigerung der Effizienz werden Motorentechnologien aber permanent weiterentwickelt – und damit auch die Zündspulensysteme von BorgWarner.

Insbesondere betreibt das Unternehmen eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilungen, in denen die Zündtechnologien in partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit der internationalen Automobilindustrie immer weiter vorangetrieben werden. So werden BorgWarner Zündspulen exakt an die Anforderungen moderner Ottomotoren wie Turbo, Downsizing, Direkteinspritzung, Magermix, hohe Abgasrückführraten etc. angepasst. Dabei kann das Unternehmen auf ein ganzes Jahrhundert wertvoller Erfahrung als Zündungsexperte zurückgreifen.

Produziert werden die BorgWarner Zündspulen auf modernsten Anlagen in eigenen, deutschen Fertigungsstätten in Ludwigsburg und Muggendorf sowie in Asien. BorgWarner beliefert die Erstausrüstungskunden mit Zündspulen für nahezu alle relevanten europäischen Volumenanwendungen. Für den Wartungs- und Reparaturmarkt hat das Unternehmen aktuell über 500 Zündspulentypen im Programm – selbstverständlich in Erstausrüstungsqualität. Das Sortiment erreicht heute bei den relevanten europäischen Fahrzeugmarken eine Marktdurchdringung von z. B. 99 % bei Audi, 99 % bei BMW, 98 % bei VW, 92 % bei Opel und 89 % bei Fiat – und wird heute laufend marktgerecht erweitert.

Der Ottomotor

Funktion von Zündspulen im Ottomotor

Eine optimale Zündung des komprimierten Kraftstoff-/Luftgemischs zählt seit Beginn des Motorenbaus zu einer der größten Herausforderungen der Konstrukteure. Beim fremd gezündeten Ottomotor geschieht dies klassischerweise im Verdichtungstakt durch einen elektrischen Funken von der Zündkerze. Damit die Hochspannung zwischen den Elektroden überspringen kann, muss sie zunächst aus dem Niederspannungs-Bordnetz aufgebaut, anschließend gespeichert und zum Zündzeitpunkt an die Zündkerze freigesetzt werden. Dies ist die Aufgabe der Zündspule als einem wesentlichen Bestandteil der Zündanlage.

Eine Zündspule muss exakt auf das jeweilige Zündsystem abgestimmt sein. Zu den dafür nötigen Parametern zählen:

- **die Funkenenergie, die der Zündkerze zur Verfügung steht**
- **der Funkenstrom zum Zeitpunkt des Funkenüberschlags**
- **die Brenndauer des Funkens an der Zündkerze**
- **die Zündspannung bei allen Betriebsbedingungen**
- **die Funkenanzahl bei allen Drehzahlen**

Ottomotoren mit Turbolader oder Benzin-Direkteinspritzung benötigen höhere Funkenenergien. Die Hochspannungsverbindung zwischen Zündspule und Zündkerze muss funktionell und sicher ausgeführt sein. Dazu liefert BorgWarner hochwertige Zündleitungen mit entsprechenden Kontakten oder Hochspannungs-Zündspulenstecker.

Anforderungen an moderne Zündspulen

In den Zündsystemen moderner Pkw erzeugen Zündspulen Spannungen von bis zu 45.000 Volt. Zündaussetzer – und als Folge eine unvollständige Verbrennung – müssen unbedingt vermieden werden. Nicht nur, dass dadurch der Katalysator des Fahrzeugs Schaden nehmen könnte. Durch eine unvollständige Verbrennung steigen auch die Emissionen und damit die Schadstoffbelastung der Umwelt.

Zündspulen sind – unabhängig vom System (ruhende Hochspannungsverteilung, rotierende Hochspannungsverteilung, Doppelfunkenspule, Einzelfunkenspule) – elektrisch, mechanisch und chemisch hoch beanspruchte Komponenten eines Ottomotors. Sie müssen unter den verschiedensten Einbaubedingungen (an der Karosserie, am Motorblock oder direkt auf der Zündkerze im Zylinderkopf) über eine lange Laufzeit ihre Arbeit fehlerfrei verrichten.

Kerzenschacht-Zündspulen befinden sich tief im Motorraum und müssen extremer thermischer Beanspruchung standhalten.

Zündspulen: elektrische, mechanische, thermische und elektrochemische Anforderungen

- **Temperaturbereich -40 °C bis +180 °C**
- **Sekundärspannung bis 45.000 Volt**
- **Primärstrom 6 bis 20 Ampere**
- **Funkenenergie 10 mJ bis ca. 100 mJ (aktuell) bzw. 200 mJ (künftig)**
- **Schwingungsbereich bis 55 g**
- **Resistenz gegen Benzin, Öl, Bremsflüssigkeit**

Zündspulen – Aufbau und Arbeitsweise

Zündspulen arbeiten nach dem Transformatorprinzip. Sie bestehen im Wesentlichen aus einer Primärwicklung, einer Sekundärwicklung, dem Eisenkern und einem Gehäuse mit einem Isolationsmaterial, heutzutage einem Zweikomponenten-Epoxydharz.

Auf dem Eisenkern aus einzelnen dünnen Stahlblechen sind zwei Spulenelemente aufgebracht, z. B.:

- **die Primärwicklung aus dickem Kupferdraht mit ca. 200 Windungen (Durchmesser ca. 0,75 mm^2),**
- **die Sekundärwicklung aus dünnem Kupferdraht mit ca. 20.000 Windungen (Durchmesser ca. 0,063 mm^2)**

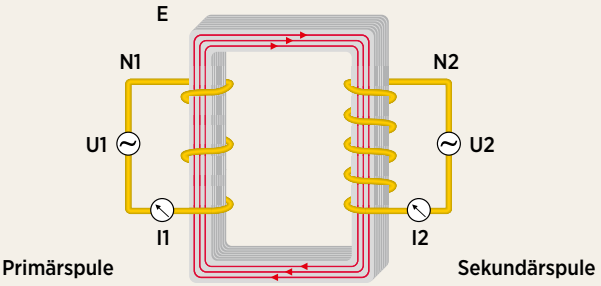
Zündspulen – Aufbau und Arbeitsweise

Sobald der Stromkreis der Primärspule schließt, bildet sich in ihr ein Magnetfeld. Durch Selbstinduktion entsteht in der Spule eine Induktionsspannung. Zum Zündzeitpunkt wird der Spulenstrom durch die Zündendstufe abgeschaltet. Das schlagartig zusammenbrechende Magnetfeld erzeugt in der Primärwicklung eine hohe Induktionsspannung. Diese wird auf die Sekundärseite der Spule transformiert und über das Verhältnis „Anzahl Sekundärwicklungen zu Primärwindungen“ übersetzt. An der Zündkerze entsteht dabei ein Hochspannungsüberschlag, der eine Ionisierung der Funkenstrecke und damit einen Stromfluss zur Folge hat. Dieser dauert so lange, bis die gespeicherte Energie abgebaut ist. Der überschlagende Funke wiederum entzündet das Kraftstoff-/Luftgemisch.

Die maximale Spannung ist abhängig:

- **vom Verhältnis der Windungszahlen Sekundär- zu Primärwicklung**
- **von der Qualität des Eisenkerns**
- **vom Magnetfeld**

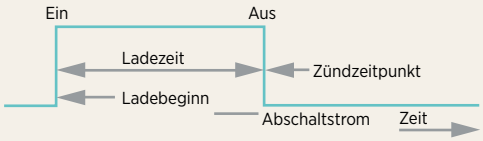
Prinzipskizze: Aufbau einer Zündspule



E = Lamellierter Eisenkern (magnetisch)
N1 = Wicklung Primärseite 100–250 Windungen
N2 = Wicklungen Sekundärseite 10.000–25.000 Windungen
U1 = Primärspannung (Batteriespannung) 12–14,7 Volt
U2 = Sekundärspannung 25.000–45.000 Volt
I1 = Primärstrom 6–20 Ampere
I2 = Sekundärstrom 80–120 mAmpere

Begriffe aus der Zündungstechnik

ANSTEUERUNG



ENERGIESPEICHERUNG:
Während der Bestromung der Spule wird Energie im Magnetkreis gespeichert. Strom einschalten, Spule wird geladen (Primärstromkreis ist geschlossen, Sekundärstromkreis ist offen). Zum festgelegten Zündzeitpunkt wird der Strom unterbrochen.

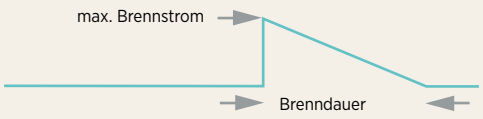
PRIMÄRSTROM

INDUZIERTE SPANNUNG:
Jede Stromänderung an einer Induktivität (Spule) induziert (erzeugt) eine Spannung. Sekundär baut sich Hochspannung auf.

SEKUNDÄRSPANNUNG

HOCHSPANNUNG:
Wie beim Trafo ist die erreichbare Hochspannung proportional zum Windungszahlverhältnis primär/sekundär.
Nach dem Erreichen der Zündspannung erfolgt der Funkenüberschlag (Durchbruch).

SEKUNDÄRSTROM



ZÜNDFUNKE:
Nach dem Hochspannungsüberschlag an der Zündkerze entlädt sich die gespeicherte Energie im Funkenkanal (Primärstromkreis ist offen, Sekundärstromkreis ist geschlossen).

Funkenenergie

Ein wichtiges Leistungskriterium für Zündspulen ist ihre Funkenenergie. Diese bestimmt den Funkenstrom und die Funkenbrenndauer an den Zündkerzenelektroden. Moderne Zündspulen von BorgWarner weisen eine Funkenenergie von 50 bis 100 Millijoule (mJ) auf. Dabei gilt:
1 Millijoule = 10-3 J = 1.000 Mikrojoule.
Die neueste Zündspulengeneration besitzt eine Funkenenergie von bis zu 200 mJ. Das bedeutet: Bei der Berührung dieser Hochspannung führenden Teile besteht Lebensgefahr!

Bitte beachten Sie die entsprechenden Sicherheitsvorschriften des Automobbilherstellers.

Wie viele Zündfunken braucht ein Motor?

$$\text{Spark count F} = \frac{\text{Funkenanzahl F} = \text{U/min} \times \text{Zylinderzahl}}{2}$$

Bsp: **4-Zyl.-4-Takt-Motor, Drehzahl 3.000 U/min**

$$\text{Spark count} = \frac{3{,}000 \times 4}{2} = 6{,}000 \text{ Funken/min}$$

Auf einer Fahrtstrecke von 30.000 km bei durchschnittlich 3.000 U/min und einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 60 km/h sind das 45.000.000 Funken pro Zündkerze!

ZÜNDSPULENDATEN/KENNGRÖSSEN

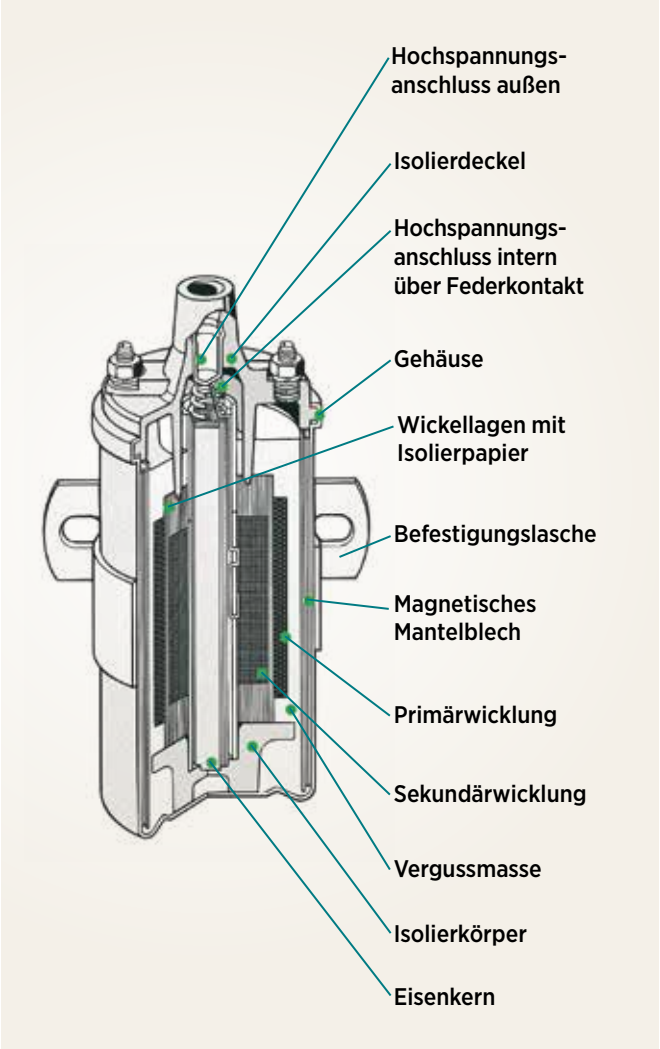
I_1	Primärstrom	6–20 A
T_1	Ladezeit	1.5–4.0 ms
U_2	Sekundärspannung	25–45 kV
T_{Fu}	Funkendauer	1.3–2.0 ms
W^{Fu}	Funkenenergie	10–60 mJ für “normale” Motoren, bis 140 mJ für “DI” Motoren
I_{FU}	Funkenstrom	80–115 mA
R_1	Widerstand Primärwicklung	0,3–0,6 Ohm
R_2	Widerstand Sekundärwicklung	5–20 kOhm
N_1	Windungen Primärwicklung	100–250
N_2	Windungen Sekundärwicklung	10.000–25.000

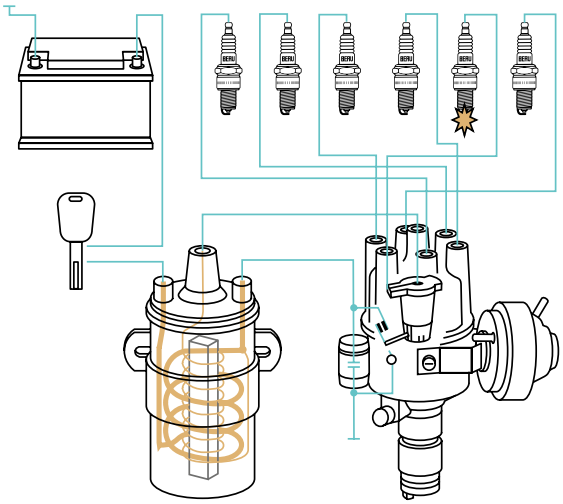
Zündspulen – Typen und Systeme

Das Zündspulenprogramm von BorgWarner umfasst über 450 Zündspulentypen für alle aktuellen Technologien: von der Becherzündspule für ältere Pkw über die Zündspule mit Elektronik für Fahrzeuge mit mechanischem Zündverteiler und Doppelfunken-Zündspulen (für Fiat, Ford, Mercedes-Benz, Renault, VW und andere) bis hin zu Stab- oder Pencil-Coil-Zündspulen (Kerzenschacht-Zündspulen), die direkt auf die Zündkerze aufgesteckt werden. Bei der Marke VW beläuft sich die Marktabdeckung durch Zündspulen von BorgWarner auf 98 Prozent. Außerdem produziert das Unternehmen komplette Zündspulenleisten, in denen mehrere Einzelzündspulen in einem gemeinsamen Gehäuse (Rail) zusammengefasst sind.

Becherzündspulen

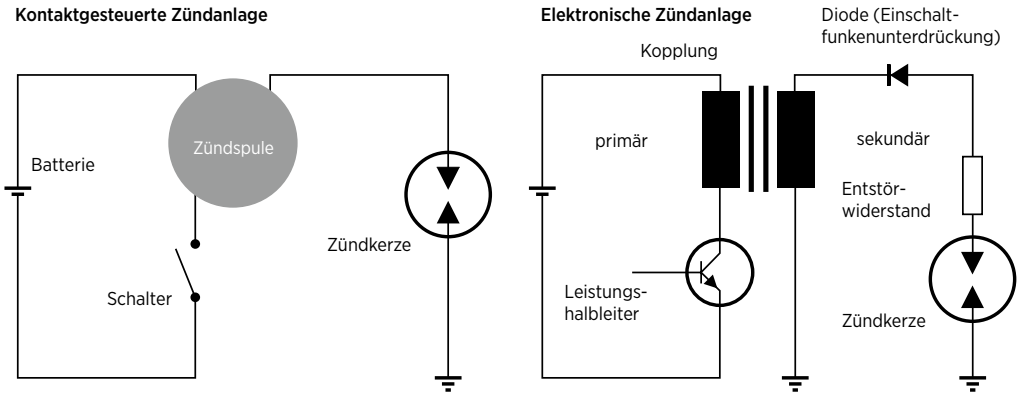
Becherzündspulen werden heute nur noch in Old- und Youngtimer verbaut. Dabei handelt es sich um Zündspulen für Fahrzeuge mit rotierender Hochspannungsverteilung (ROV).





Auslösung durch Unterbrecherkontakt. Hier wird die Hochspannung von einer Zündspule zentral erzeugt und von einem Zündverteiler mechanisch auf die einzelnen Zündkerzen verteilt. Für moderne Motormanagement-Systeme hat diese Art der Spannungsverteilung keine Bedeutung mehr.

KONTAKTGESTEUERTE UND ELEKTRONISCHE ZÜNDANLAGEN



SCHLIESSZEIT
Bei einer kontaktgesteuerten Zündanlage definiert sie die Zeitdauer, in der der Unterbrecherkontakt geschlossen ist.

Bei einer elektronischen Zündanlage beschreibt sie die Zeitdauer, in welcher der Primärstrom eingeschaltet ist.

Elektronische Verteilerzündspulen

Bei älteren Zündkonzepten war die Endstufe als separates Element im Motorraum an der Karosserie oder – bei der rotierenden Hochspannungsverteilung – im oder am Zündverteiler befestigt. Die Einführung der ruhenden Hochspannungsverteilung und die Entwicklung der Mikroelektronik ermöglichten es, die Endstufe in die Zündspule zu integrieren.

BorgWarner Verteilerzündspule (ZSE 001) mit angebauter Endstufe für Fahrzeuge mit mechanischem Zündverteiler.

Die sich daraus ergebenden Vorteile sind vielfältig:

- **Diagnosemöglichkeit**
- **Ionenstromsignal**
- **IEntstörung**
- **Stromabschaltung**
- **Strombegrenzung**
- **Übertemperaturabschaltung**
- **Kurzschlusserkennung**
- **Hochspannungsstabilisierung**

Doppelfunken-Zündspulen erzeugen jeweils für zwei Zündkerzen/zwei Zylinder je eine optimale Zündspannung in unterschiedlichen Zylindern.

Dabei erfolgt die Spannungsverteilung so, dass

- **das Luft-/Kraftstoffgemisch eines Zylinders am Ende des Verdichtungstaktes (Zündzeitpunkt) gezündet wird (Hauptfunken – kräftiger Zündfunke),**
- **der Zündfunke des anderen Zylinders in den Ausstoßtakt fällt (Stützfunken – geringe Energie).**

Doppelfunken-Zündspulen erzeugen pro Kurbelwellenumdrehung zwei Funken (Haupt- und Stützfunke). Eine Synchronisierung zur Nockenwelle ist nicht notwendig. Doppelfunken-Zündspulen eignen sich jedoch nur für Motoren mit gerader Zylinderanzahl. In einem Fahrzeug mit vier Zylindern werden zum Beispiel zwei, in einem 6-Zylinder-Fahrzeug drei Doppelfunken-Zündspulen verbaut.

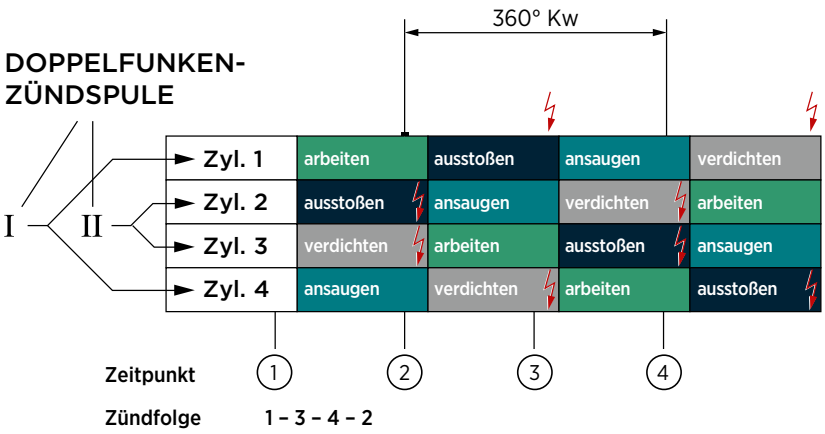
Doppelfunken-Zündspule.

Zündspulen – Typen und Systeme

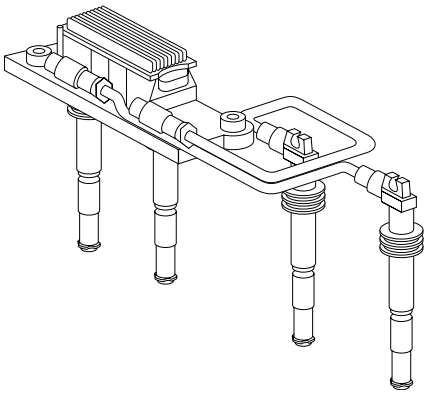
DOPPELFUNKEN-ZÜNDSPULEN 2 X 2 FÜR VIER ZYLINDER

Doppelfunken-Zündspule für 2 x 2 Zündkerzen.

Für z. B.: Volkswagen, Audi.

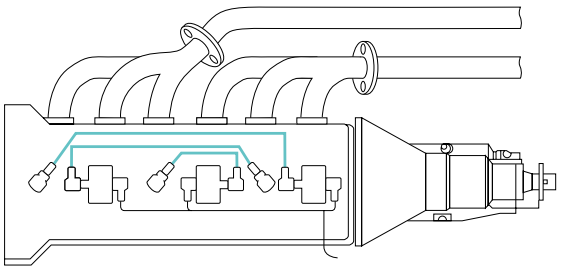


DOPPELFUNKEN-ZÜNDSPULE 2 X 2 FÜR VIER ZYLINDER



Ruhende Hochspannungsverteilung: Zündleitungssatz bestehend aus zwei Leitungen mit Zündkerzensteckern. Auf den anderen zwei Zündkerzen sitzt die Zündspule.

DOPPELFUNKEN-ZÜNDSPULEN 3 X 2 FÜR SECHS ZYLINDER



Zündspulen sitzen auf den Zündkerzen für Zylinder 2, 4 und 6.

zum Beispiel, für: Mercedes-Benz M104.

Zündspulenleisten/Rails

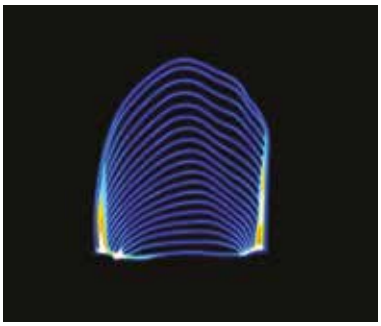
In einer Zündspulenleiste (Zündmodul) sind mehrere Zündspulen – je nach Zylinderanzahl – in einem Gehäuse (Rail) zusammengefasst. Funktionell sind diese jedoch unabhängig und arbeiten wie Einzelfunken-Zündspulen. Konstruktiver Vorteil: Es sind weniger Anschlussleitungen nötig.

Ein Kompaktsteckanschluss reicht aus. Zusätzlich trägt der modulare Aufbau der Zündspulenrails zu einer eleganten, übersichtlichen, „aufgeräumten“ Gestaltung des gesamten Motorraums bei.

Zündspulenleisten oder auch Zündrails genannt, in der Regel bei 3- oder 4-Zylinder-Motoren im Einsatz.

Kerzenschacht-/Stecker-/ Smart-Plug-Top-Coil-Zündspulen

Einzelfunken-Zündspulen – auch Kerzenschacht-/Steckerzündspulen, Stab- oder Pencil-Coil- oder Smart-Plug-Top-Coil-Zündspulen genannt – werden direkt auf die Zündkerze montiert. Dazu sind in der Regel keine Zündleitungen (Ausnahme: Doppelfunken-Zündspulen) erforderlich, jedoch Hochspannungsstecker. Bei dieser Bauart ist jeder Zündkerze eine eigene Zündspule zugeordnet, die direkt über dem Isolator der Zündkerze sitzt. Diese Konstruktion ermöglicht besonders filigrane Abmessungen. Modular aufgebaute, kompakte, leichte Smart Plug-Top-Coil-Zündspulen der neuesten Generation eignen sich wegen ihrer platzsparenden Geometrie vor allem auch für moderne Downsizing-Motoren.



Obwohl sie kompakter als größere Zündspulen sind, erzeugen sie eine größere Verbrennungsenergie und eine höhere Zündspannung. Neuartige Kunststoffe und eine extrem sichere Verbindungstechnik der Komponenten im Inneren des Zündspulenkörpers sorgen darüber hinaus für eine noch höhere Zuverlässigkeit und Langlebigkeit.

Einzelfunken-Zündspulen sind sowohl für gerade als auch für ungerade Zylinderzahlen einsetzbar. Das System muss jedoch über einen Nockenwellensensor synchronisiert werden. Einzelfunken-Zündspulen erzeugen je Arbeitstakt einen Zündfunken. Die Zündspannungsverluste sind durch die kompakte Baueinheit von Einzelfunkenspule und Zündkerze sowie durch den Wegfall der Zündkabel gegenüber allen anderen Zündsystemen am geringsten. Einzelfunkenspulen ermöglichen den größtmöglichen Zündwinkelverstellbereich. Das System der Einzelfunkenspule erlaubt die primär- und sekundärseitige Überwachung der Zündanlage auf Zündaussetzer. Eventuell aufgetretene Probleme können dadurch im Steuergerät abgelegt, in der Werkstatt via OBD schnell ausgelesen und zielgerichtet behoben werden.

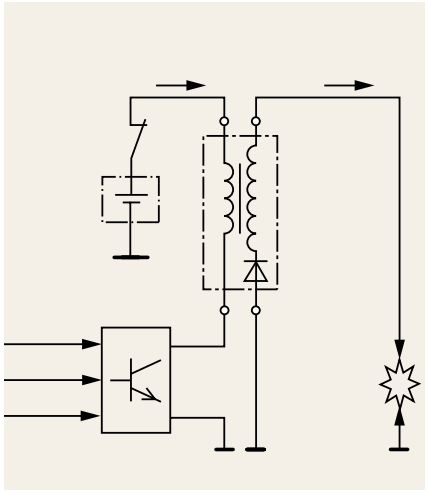
Neue Technologie – Multi-Spark-Zündung

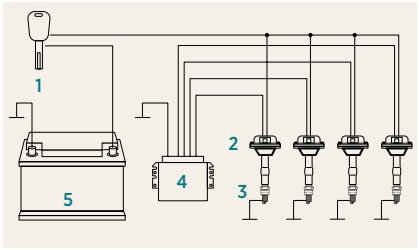
Vorteile:

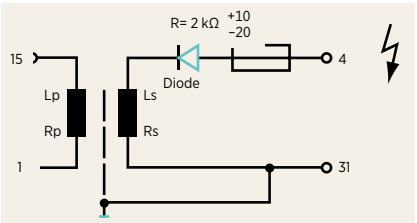
- **Mehr Variabilität und verbesserte Zündfunkenfrequenz**
- **Verlängerung der Gesamtfunkendauer**
- **Optimierung von Kraftstoffverbrauch, Emissionen und Laufruhe**

Zündspulen – Typen und Systeme

SCHALTBILD EINZELFUNKEN-ZÜNDSPULE



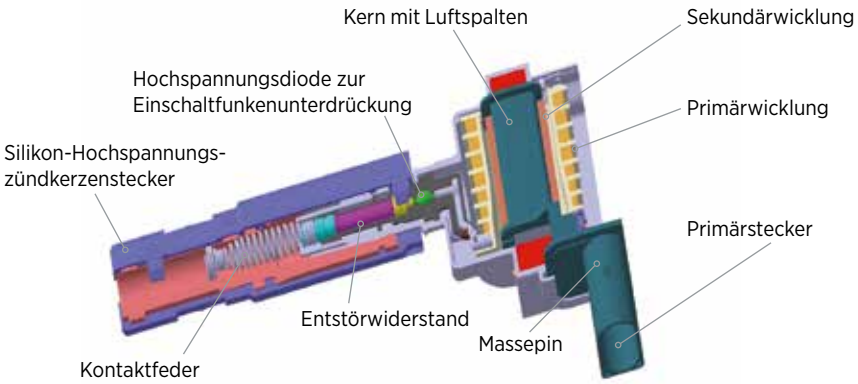




Einzelfunken-Zündspulen benötigen zur Einschaltfunkenunterdrückung im Sekundärkreis eine Hochspannungsdiode.

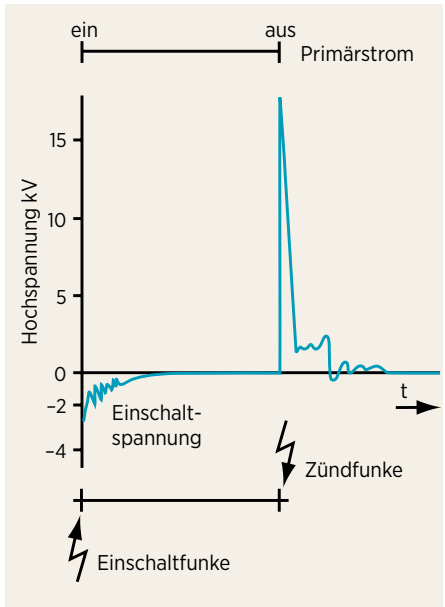
1 Zündschloss
2 Zündspulen
3 Zündkerzen
4 Steuergerät
5 Batterie

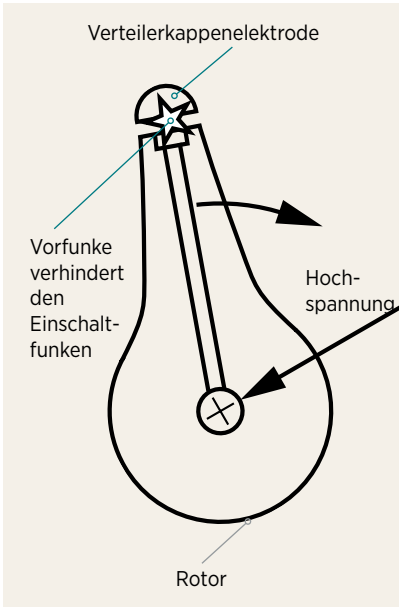
AUFBAU DER EINZELFUNKEN-ZÜNDSPULE



Die Einzelfunken-Zündspulen erzeugen pro Arbeitstakt einen Zündfunken, daher ist eine Synchronisierung mit der Nockenwelle erforderlich.

Einzelfunken-Zündspulen z. B. für Audi, Porsche, VW.





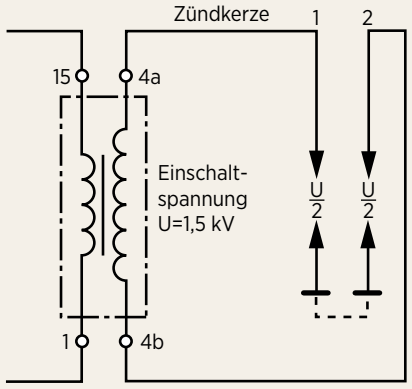
Beim Einschalten des Primärstromkreises baut sich um die Primärwicklung ein Magnetfeld auf. Dieser Magnetfeldanstieg reicht aus, um in der Sekundärwicklung eine unerwünschte Einschaltspannung von ca. 1,5 kW zu erzeugen. Dadurch kann an den Zündkerzenelektroden ein schwacher Einschaltfunke überspringen, der unter Umständen das Gemisch zum völlig falschen Zeitpunkt entzündet.

Der Einschaltfunke wird in allen 3 Systemen (rotierende Hochspannungsverteilung, Doppelfunkenspule, Einzelfunkenspule) verhindert:

Bei rotierender Hochspannungsverteilung sind keine, Maßnahmen erforderlich: Die Funkenstrecke zwischen dem Verteilerrotor und der Domelektrode der Verteilerkappe unterdrückt den Einschaltfunken.

RUHENDE HOCHSPANNUNGS-VERTEILUNG (RUV) MIT DOPPELFUNKEN-ZÜNDSPULE

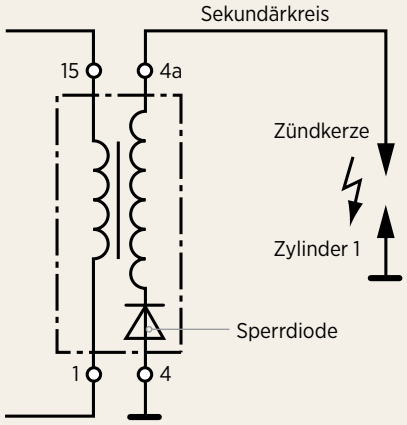
Doppelfunkenspule



Die Spannung von 750 V ist zu gering, als dass ein Einschaltfunke einsetzen kann.

RUHENDE HOCHSPANNUNGS-VERTEILUNG MIT EINZELFUNKEN-ZÜNDSPULE

Einzelfunkenspule



Bei ruhender **Hochspannungsverteilung (RUV) mit Doppelfunken-Zündspule** sind die Zündkerzen in Reihe geschaltet, d. h. der Einschaltfunke muss die Elektroden beider Zündkerzen überspringen. An jeder Zündkerze liegt nur die halbe Einschaltspannung (1,5 kV: 2 = 0,75 kV) der Sekundärwicklung an – eine Spannung, die zu gering ist, um einen Einschaltfunken entstehen zu lassen.

Bei der ruhenden **Hochspannungsverteilung mit Einzelfunken-Zündspule** entsteht kein Einschaltfunke, da die Hochspannungsdiode im Sekundärkreis die Entladung der Einschaltspannung sperrt. Achtung: Klemme 1 und 15 auf der Primärseite dürfen nicht vertauscht werden, da sonst die Hochspannungsdiode zerstört würde.

Zündspulen – Fertigung

Die neue BorgWarner Hightech-Fertigungsanlage für Plug-Top-Zündspulen

In den Produktionsstätten von BorgWarner auf der ganzen Welt entstehen jedes Jahr auf computergesteuerten, hochkomplexen Fertigungsstraßen mehrere Millionen Zündspulen, die in partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie entwickelt wurden.

Die BorgWarner Zündspulen- Fertigungsstrasse in Ludwigsburg.

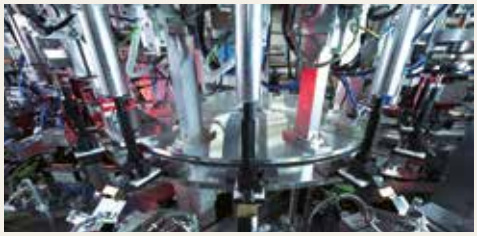
Die exakte Zuführung der unterschiedlichen Einzelteile erfolgt an entsprechenden Stationen.

Das Wickeln der Pimär- und Sekundärspule ...

... wird rechnergesteuert ausgeführt und überwacht.

Hier erfolgt die vollautomatische Montage der Primär- und Sekundärspule.

Per Vakuumverguss wird der Sekundärdraht in Vergießharz eingebettet.



Einer der wichtigsten Schritte im Produktionsablauf: die Endprüfung der Zündspule.

Geprüfte Qualität

Zündspulen von BorgWarner erfüllen höchste Qualitätsstandards und stellen die Funktionssicherheit selbst unter extremen Einsatzbedingungen sicher. Dazu durchlaufen sie bereits während der Entwicklungsphase und selbstverständlich bei der Fertigung vielfältige Tests zur Qualitätssicherung, die für eine dauerhafte Sicherstellung der Funktions- und Leistungsfähigkeit unerlässlich sind.

Bereits in der Entwicklungsphase stimmen die Ingenieure von BorgWarner in enger Zusammenarbeit mit den Fahrzeugherstellern eine Spule exakt auf die individuelle Fahrzeugapplikation ab. Besonderes Augenmerk legen sie dabei auch auf die elektromagnetische Verträglichkeit, die im Forschungs- und Entwicklungszentrum des Unternehmens am Standort Ludwigsburg aufwendigen Testreihen unterzogen wird, um Störungen oder Behinderungen von Kommunikations- und Sicherheitssystemen im Fahrzeug von vornherein ausschließen zu können.

Ist die Entwicklungsphase abgeschlossen, werden die Zündspulen von BorgWarner nach modernsten Standards gefertigt – und durchlaufen dabei erneut zahlreiche Tests zur Qualitätssicherung. Sämtliche Werke des Unternehmens sind nach DIN ISO 9001 zertifiziert. Alle deutschen Werke von BorgWarner besitzen zusätzlich die Zertifikate QS 9000, VDA 6.1 und ISO TS 16949 sowie das Umweltzertifikat ISO 14001. Auch bei der Lieferantenauswahl legt BorgWarner strengste Qualitätsmaßstäbe an.

Original und Fälschung

Nachbauten von Zündspulen sind oft billig – und so sind sie auch gefertigt. Ihre Hersteller können aus Kostengründen und wegen fehlenden Know-hows bei Weitem nicht die Qualitätsstandards einhalten, die BorgWarner bietet.

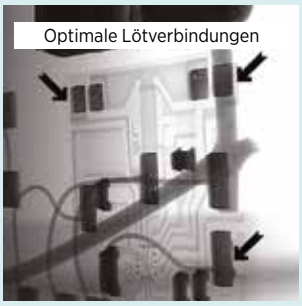
Die meisten Nachbauten bestehen aus minderwertigen Materialien und sind aus einer Vielzahl einzelner Bauteile zusammengestückelt. Sie besitzen nicht die elektrischen Eigenschaften und thermische Belastbarkeit der Original-Zündspulen. Vor allem bei Spulen mit integrierter Elektronik funktionieren Nachbauten nur bei wenigen Motorvarianten. Zudem werden sie oft ohne verlässliche Qualitätskontrollen gefertigt. Wer derartige Fälschungen verbaut, muss auch aus diesem Grund mit teuren Folgeschäden rechnen.

Das Gefährliche: Die Mängel sind selbst für Fachleute oft nicht mit bloßem Auge zu erkennen. Deshalb hat BorgWarner im Folgenden Original und Fälschung genau unter die Lupe genommen.

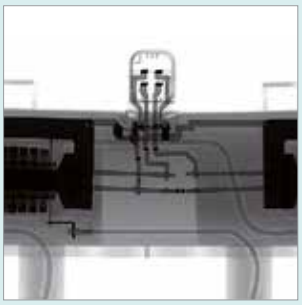
Zündspulen – Fertigung

Im Fokus: Lötverbindung, Kontaktierung, Stromübertragung

ORIGINAL

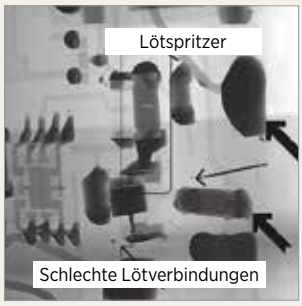


Gedruckte Schaltung mit Stromschienenverbindungen erlaubt automatisierte Produktionsprozesse und optimale Prozesskontrolle und dadurch permanent einheitliche Qualität.

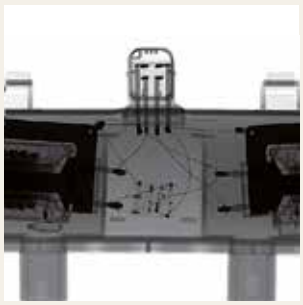


Exakt verlegte und verschweißte Stromschienen und im Gehäuse gerade fixierte Bauteile im Original von BorgWarner – Zeichen für Qualität und Langlebigkeit.

NACHBAU:



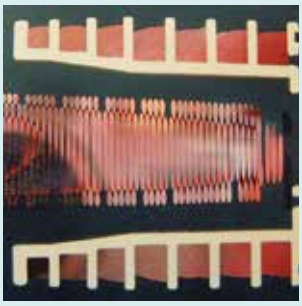
In der Spule befinden sich diverse Fremdkörper (siehe Pfeilspitzen), die auf eine unsaubere Produktion schließen lassen. Je nach deren Position, Material und Dicke kann es zeitversetzt zum Kurzschluss und Ausfall der Spule kommen. Außerdem zu sehen: ein verrutscht/schief eingesetztes Bauteil.



Wirr verlaufende Drähte, verzogene Kontaktfelder im Hochspannungsanschluss, schief sitzende Spulenkörper und ebensolche Platinen: Hier ist ein vorzeitiger Ausfall der Zündspule vorprogrammiert.

Im Fokus: Vergussmasse und Imprägnierungsgüte

ORIGINAL

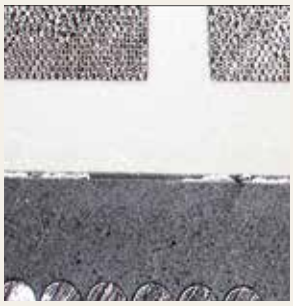


BorgWarner Zündspule mit gleichmäßiger Vergussmasse. Hier wurde das Füllmaterial unter Vakuum in das Zündspulengehäuse gegossen und damit die Bildung von Luftbläschen verhindert.

NACHBAU:

Hochspannungskabel und Eisenkern müssen einen sicheren Abstand zur Hochspannung haben. Hier liegt das Hochspannungskabel zu nahe am Eisenkern. Mögliche Folgen: Hochspannungsüberschläge und damit ein Totalausfall der Zündspule.

Zündspulengehäuse und Hochspannungsdom wurden zum Einsparen teurer Vergussmasse mit Kieselsteinen aufgefüllt. In den Zwischenräumen haben sich Luftblasen gebildet, unter denen die Imprägnierungsgüte leidet, insbesondere im Hochspannungsteil: Sammelt sich Luft in der Sekundärwickelung an, wird diese ionisiert – d. h. die Luft wird leitend und frisst sich quasi durch, bis ein Massepotenzial erreicht ist. Dann kommt es zum Kurzschluss bzw. Durchschlag und die Zündspule fällt aus.



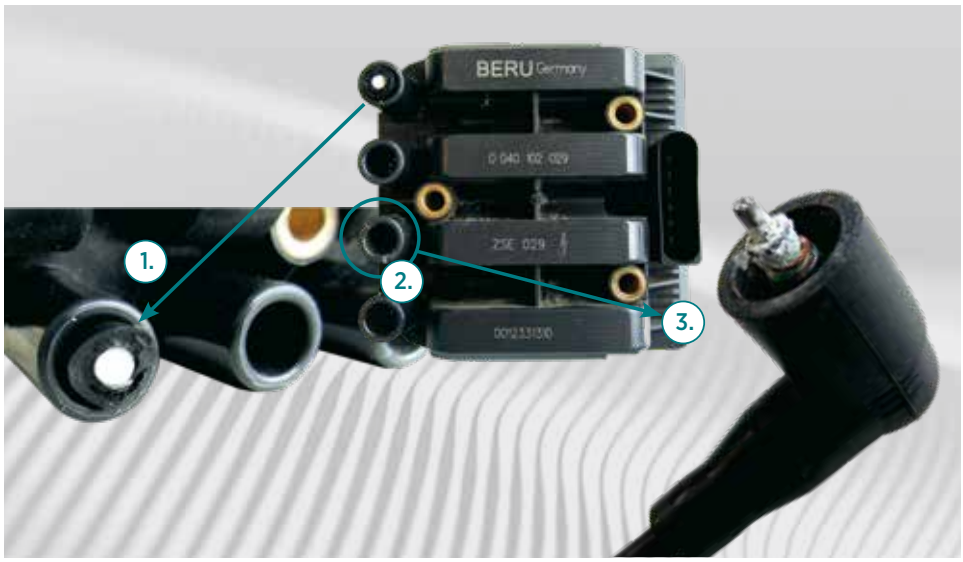
Ablösungen zwischen Primär- und Sekundärspulenkörper aufgrund nicht optimierter Materialpaarungen. Dies kann zu Kriechströmen und Durchschlägen zur Primärspule und damit zum Ausfall der Zündspule führen.

Tipps für die Werkstatt

Zündspulen von BorgWarner sind so konzipiert, dass sie ein Autoleben lang halten können. Trotzdem gibt es in der Praxis immer wieder Ersatzbedarf. Die Ursache liegt meist nicht in den Zündspulen selbst, sondern in deren Umfeld und an einer unsachgemäßen De-/Montage.

Oft sind überalterte oder nachträglich verbaute minderwertige Zündspulen- oder Zündkerzenstecker für vermeintliche Zündspulendefekte verantwortlich:

DEFEKTE ZÜNDKABEL/ZÜNDSPULENSTECKER



1. **Der Stecker des nachträglich verbauten minderwertigen Zündkabels ist wegen deutlich sichtbarer Materialfehler (massive Lunker/Luftein schlüsse) gebrochen.**
2. **Der Stecker des nachträglich verbauten minderwertigen Zündkabels ist wegen deutlich sichtbarer Materialfehler (massive Lunker/Luftein schlüsse) gebrochen.**
3. **Korrodierter Zündspulenanschluss, der bei der Demontage des Zündkabelsteckers aus dem Spulengehäuse gerissen wurde. Die Ursache: ein nicht passgenauer, qualitativ minderwertiger Stecker führte zur Korrosion und damit zu einer unlösbaren Verbindung mit der Zündspule.**

Zündspulen, die einbaubedingt häufig mit Spritzwasser oder Streusalz in Verbindung kommen, sind besonders gefährdet. Motorwäschen mit Hochdruckreinigern verstärken diese Belastung zusätzlich. Als Folge können Dichtungen zerstört werden und Kontakte korrodieren.

Direkt an der Spritzwand angebrachte Zündspulen sind besonderen Belastungen ausgesetzt. Mögliche Folge: Oxidation der Kontakte.

Tipps für die Werkstatt

In direkter Nähe von Katalysator oder Auspuffkrümmer/Zylinderkopf montierte Zündspulen sind hohen thermischen Belastungen ausgesetzt. Das gleiche Problem stellt sich bei Kerzenschacht-Zündspulen: Der Einbauraum ist äußerst begrenzt und bietet kaum Kühlung. Diese extremen Beanspruchungen können auf Dauer dazu führen, dass selbst hochwertigste Zündspulen unter bestimmten Umständen irgendwann einmal ausfallen.

Kerzenschacht-Zündspulen befinden sich tief im Motorraum und müssen extremer thermischer Beanspruchung standhalten.

Um eine sichere Hochspannungsübertragung zu gewährleisten, sitzen Kerzenschacht-Zündspulen sehr fest auf den Zündkerzen.

In Kombination mit den im Motorraum zwangsweise entstehenden hohen Temperaturen besteht die Gefahr, dass die Zündkerze mit dem Silikonstecker der Zündspule „verbäckt". Daher sollte beim Zündkerzenwechsel unbedingt das BorgWarner Steckerfett verwendet werden. Damit lassen sich die Stecker auch beim Ausbau gut lösen.

Wichtig: Spezialwerkzeug zum Zündspulentausch

Weil Kerzenschacht-Zündspulen aufgrund ihrer sehr schlanken Bauform direkt auf den Zündkerzen sitzen, lässt sich die Spule durch das Festsitzen auf dem SAE-Kontakt und der Abschirmung auf dem Sechskant der Zündkerze nur sehr schwer demontieren. Die Praxis zeigt: Bei unsachgemäßem Ausbau zerbricht die Zündspule häufig in zwei Teile.

Spezialwerkzeuge beugen Zündspulenschäden beim Austausch vor.

BorgWarner bietet Werkstatt-Profis deshalb drei spezielle Zündspulenabzieher für Anwendungen der Volkswagen-Gruppe an, die eigens auf die Geometrie der Zündspulenköpfe zugeschnitten sind. Je nach Ausführung gibt es ein flaches, eckiges oder ovales Zündspulengehäuse.

Mit den Zündspulenabziehern lassen sich nicht nur die aktuellen Zündspulen abziehen, sondern auch die Vorgängermodelle mit ähnlicher Kopfform.

Eigentlich sollte nur die Zündkerze getauscht werden. Weil jedoch das falsche Demontagewerkzeug benutzt wurde, muss nun auch die Zündspule ersetzt werden.

Längsrissbildung am Spulenkörper durch unsachgemäßes, zu starkes Anzugsdrehmoment von 15 Nm statt korrekten 6 Nm.

Rissbildung an der Zündspulen-Isolation durch Verspannung beim Montieren.

Zündkerzen-Steckerfett

DAS PROBLEM

Nach einem Zündkerzenwechsel treten sporadisch Zündaussetzer auf – über den gesamten Drehzahlbereich. Die Ursache sind Spannungsüberschläge am Zündkerzenhals, die wiederum durch einen undichten, beschädigten oder versprödeten Zündkerzenstecker hervorgerufen werden.

DIE LÖSUNG

Vor dem Zündkerzeneinbau den Zündkerzenstecker dünn mit BorgWarner Zündkerzen-Steckerfett bestreichen. Damit wird auch die Überschlagsfestigkeit erhöht.

WICHTIG:

In jedem Fall den Zündkerzenstecker überprüfen und gegebenenfalls austauschen. Insbesondere bei Einzel- und Doppelfunkenzündspulen mit aufgesteckten Steckern empfiehlt es sich, zusammen mit den Zündkerzen auch den Stecker zu erneuern – da letzter oftmals im Dichtbereich der Zündkerze versprödet und so undicht wird.

Durch Zusammendrücken des Zündkerzensteckers werden die Haarrisse deutlich erkennbar.

Brennspuren am Zündkerzenhals – ein Zeichen von Zündaussetzern.

BorgWarner Zündkerzen-Steckerfett schützt vor Versprödung und damit vor Hochspannungsüberschlägen.

Tipps für die Werkstatt

Testen und Prüfen

Unrunder Motorlauf, Leistungsmangel: Der Grund für den Fehler könnte bei der Zündspule liegen. Ein Blick in den Motorraum des Fiat Punto zeigt: Dort ist die Doppelfunken-Zündspule ZS 283 verbaut.

Für eine erste Eingrenzung der Fehlerursache empfiehlt sich der Griff zur Stroboskoplampe. Diese wird bei laufendem Motor nacheinander an allen Zylindern angeschlossen. Tritt an einem oder mehreren Zylindern keine gleichmäßige Blitzfrequenz auf, dann liegt der Fehler an der Zündanlage bzw. Zündspule.

Als Abhilfemaßnahmen kommen in Betracht:

- **Zündkerzen prüfen und gegebenenfalls erneuern,**
- **Zündkabel-Widerstand mit Multimeter prüfen. Kabel gegebenenfalls erneuern,**
- **Sollwiderstand von Primär- und Sekundärkreis der Zündspule gemäß Herstellerangabe prüfen. Bei Abweichungen Zündspule erneuern.**

PRÜFUNG PRIMÄRWIDERSTAND

PRÜFUNG SEKUNDÄRWIDERSTAND

Prüfung des Primärwiderstands: Sollwiderstand des Primärkreises bei 20 °C.

Prüfung des Sekundärwiderstands: Sollwiderstand des Sekundärkreises bei 20 °C.

Zündspule ZS 283 verbaut z. B. im Fiat Punto, Panda oder Tipo.

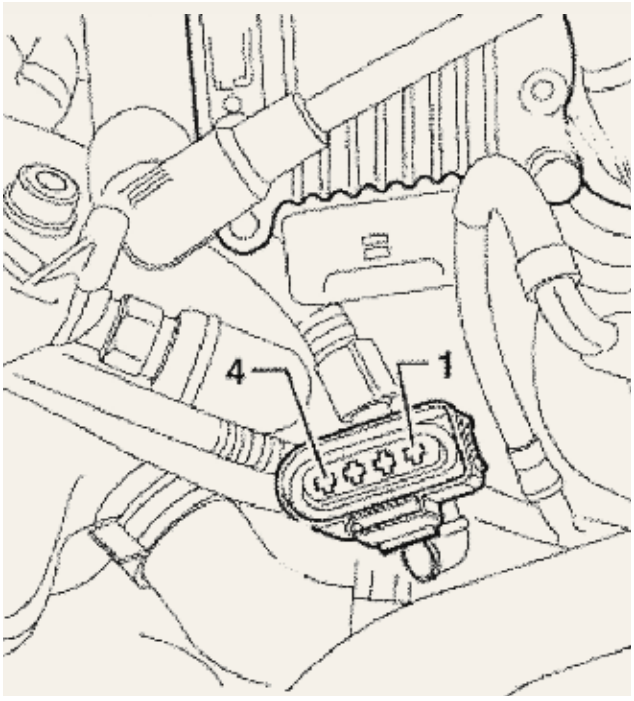
Schritt für Schritt den Defekt finden

PRÜFBEDINGUNGEN:
Batteriespannung mindestens 11.5V.

GEBER FÜR MOTOREN-DREHZAHL:
in Ordnung.

HALLGEBER:
in Ordnung.

Prüfung der DoppelfunkenZündspule am Beispiel der ZSE 003 für VW/Audi:
Die Sicherung muss in Ordnung sein (hier: Nr. 29).

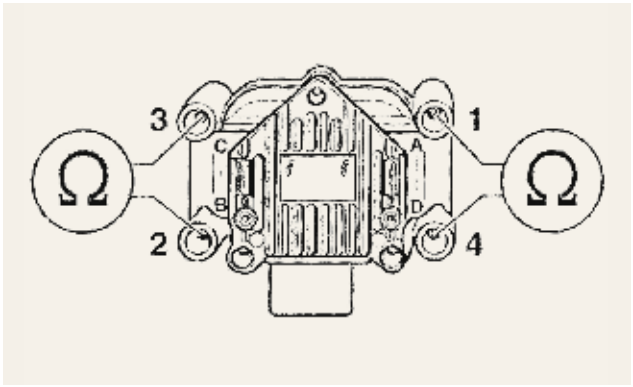


Zündung ausschalten.

Vierfach-Stecker von der Zündspule abziehen.

Zündung einschalten.
Zwischen den Kontakten 1 und 4 des abgezogenen Steckers muss eine Spannung von mindestens 11,5 V anliegen.

Zündung ausschalten.



Sekundärwiderstände der Zündspulen mit Ohmmeter am Hochspannungsausgang messen. Ausgänge Zylinder 1+4/Ausgänge Zylinder 2+3. Der Sollwiderstand muss bei 20 Grad Celsius 4,0–6,0 kΩ betragen. Bei Nichterreichen der Werte ist die Zündspule zu ersetzen.

Selbsttest

1. Welcher Spulendraht ist dicker?

- ☐ **A.** Spulendraht der Primärwicklung
- ☐ **B.** Spulendraht der Sekundärwicklung

2. Wie hoch ist die Zündspannung bei einer modernen Einzelfunken-Zündspule?

- ☐ **A.** 20,000 Volt
- ☐ **B.** 25,000 Volt
- ☐ **C.** 45,000 Volt

3. Auf welchem physikalischen Gesetz beruht die Zündspule?

- ☐ **A.** Stromgesetz
- ☐ **B.** Induktionsgesetz
- ☐ **C.** Spannungsgesetz

4. Was versteht man unter dem Begriff „Schließzeit“?

- ☐ **A.** Zeitdauer, während der Primärstrom fließt
- ☐ **B.** Zeitdauer, während der Hochspannung fließt

5. Welche Zündspulen-Energieform wird in Millijoule (mJ) angegeben?

- ☐ **A.** Funkenenergie
- ☐ **B.** Zündspannung

6. Für welches Zündspulensystem ist eine Synchronisierung mittels Sensor auf die Nockenwelle erforderlich?

- ☐ **A.** Doppelfunken-Zündspulen
- ☐ **B.** Becherzündspulen
- ☐ **C.** Einzelfunken-Zündspulen

7. Für welche Zylinderanzahl eignen sich Doppelfunken-Zündspulen?

- ☐ **A.** gerade Zylinderzahl
- ☐ **B.** ungerade Zylinderzahl

8. Warum ist bei Einzelfunken-Zündspulen eine Hochspannungsdiode im Sekundärkreis notwendig?

- ☐ **A.** zur Einschaltfunkenunterdrückung
- ☐ **B.** zur Erhöhung der Spannung
- ☐ **C.** zum Schutz der Zündspulen gegen Überlastung

9. Wie hoch ist bei den aktuellen BorgWarner Zündspulen die Funkenenergie?

- ☐ **A.** 5 mJ
- ☐ **B.** 10 mJ
- ☐ **C.** ca. 100 mJ

10. Warum muss man den Spulenstecker bei der Montage einer Einzelfunken-Zündspule auf die Zündkerze vorher mit Borgwarner Zündkerzen-Steckerfett einfetten?

- ☐ **A.** damit der Stecker sicher auf den Kerzenhals gleitet
- ☐ **B.** damit der Feuchtigkeitsschutz gewährleistet ist
- ☐ **C.** als Schutz gegen Spannungsüberschläge

Auflösung: 1A, 2C, 3B, 4A, 5A, 6C, 7A, 8A, 9C, 10 A, B, C.

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