

## **Zündspulen im Kraftfahrzeug**

**Funktion, Diagnose, Fehlersuche.**



**Ideen für das  
Auto der Zukunft**

Seite	
2	Aufbau einer Zündspule
3	Zündspulen für Zündanlagen mit rotierender Hochspannungsverteilung, Doppelfunken-Zündspulen
4	Doppelfunken-Zündspulen, Vierfunken-Zündspulen
5	Einzelfunken-Zündspulen
6	Mögliche Ausfallursachen, Diagnose
6-7	Diagnose
8-13	Praxis-Beispiel zur Fehler-Diagnose im Werkstattalltag
13	Sicherheitshinweise
14-15	Fehlersuchbaum Raddrehzahlsensoren

**Quellenangabe:** Abbildungen (1-6 bearbeitet) aus Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik, 28. Aufl. 2004, Verlag Europa-Lehrmittel.

## Aufbau einer Zündspule

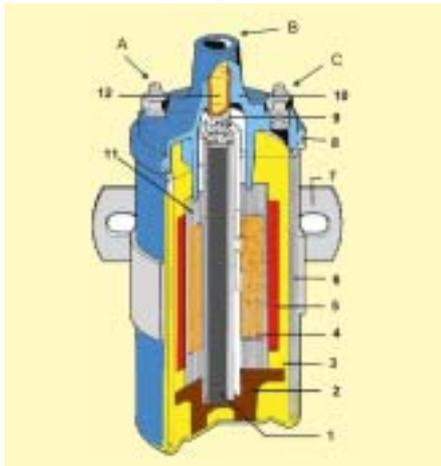


Abb. 1: Aufbau einer Zündspule

1. Eisenkern
2. Isoliermasse
3. Vergussmasse
4. Sekundärwicklung
5. Primärwicklung
6. Mantelblech
7. Befestigungsschelle
8. Gehäuse
9. Hochspannungsfederkontakt
10. Isolierdeckel
11. Isolationsmaterial
12. Hochspannungsausgang

- A. Klemme 15
- B. Klemme 4
- C. Klemme 1

Der Aufbau einer herkömmlichen Zündspule ähnelt im Wesentlichen dem eines Transformators. Die Aufgabe der Zündspule ist aus einer niedrigen Spannung eine Hochspannung zu induzieren.

Die wesentlichen Bestandteile sind, neben einem Eisenkern, die Primärwicklung, die Sekundärwicklung und die elektrischen Anschlüsse.

Der lamellierte Eisenkern hat die Aufgabe das Magnetfeld zu verstärken. Um diesen Eisenkern ist eine dünne Sekundärwicklung gelegt. Sie besteht aus einem ca. 0,05–0,1 mm stark isoliertem Kupferdraht mit bis zu 50.000 Wicklungen. Die Primärwicklung besteht aus einem lackierten ca. 0,6–0,9 mm starkem Kupferdraht und ist über die Sekundärwicklung gewickelt. Der Ohmsche Widerstand der Spule beträgt primär ca. 0,2–3,0  $\Omega$  und sekundär ca. 5–20 k $\Omega$ . Das Windungsverhältnis von Primär- zu Sekundärwicklung beträgt 1:100. Der technische Aufbau kann je nach Verwendungsbereich der Zündspule variieren.

Die elektrischen Anschlüsse werden bei einer konventionellen Zylinderzündspule mit Klemme 15 (Spannungsversorgung), Klemme 1 (Zündunterbrecher) und Klemme 4 (Hochspannungsanschluss) bezeichnet. Die Primärwicklung ist mit der Sekundärwicklung über einen gemeinsamen Wicklungsanschluss mit der Klemme 1 verbunden. Diese gemeinsame Verbindung wird als „Sparschaltung“ bezeichnet und wird genutzt, um die Herstellung der Spule zu vereinfachen.

Der durch die Primärwicklung fließende Primärstrom wird über den Zündunterbrecher ein- oder ausgeschaltet. Die Höhe des Stroms wird durch den Widerstand der Spule und durch die angelegte Spannung an Klemme 15 bestimmt. Die durch den Unterbrecher verursachte sehr schnelle Stromrichtung verändert das Magnetfeld in der Spule und induziert einen Spannungsimpuls, der durch die Sekundärwicklung zu einem Hochspannungsimpuls transformiert wird. Dieser gelangt durch das Zündkabel zur Funkenstrecke einer Zündkerze, um in einem Ottomotor das Kraftstoff-Luftgemisch zu zünden.

Die Höhe der induzierten Hochspannung ist abhängig von der Geschwindigkeit der Magnetfeldänderung, der Windungszahl der Sekundärspule und der Stärke des Magnetfeldes. Die Öffnungsinduktionsspannung der Primärwicklung beträgt zwischen 300 und 400 Volt. Die Hochspannung der Sekundärspule kann je nach Zündspule bis zu 40 KV betragen.

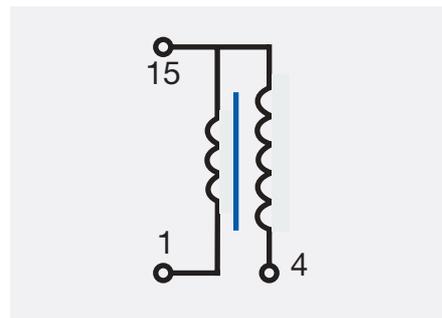
# Zündspulen für Zündanlagen mit rotierender Hochspannungsverteilung

Diese Zylinderzündspulen werden bei Fahrzeugen mit Zündverteiler in kontaktgesteuerten oder transistorgesteuerten Zündanlagen verwendet. Der dreipolige elektrische Anschluss entspricht dem einer konventionellen Zündspule.

Der Primärstromkreis erhält über Klemme 15 die Spannungsversorgung. An Klemme 1 der Zündspule wird der Zündunterbrecher angeschlossen und versorgt die Primärwicklung mit Masse. Die Hochspannungsleitung des Zündverteilers wird an Klemme 4 angeschlossen. Während bei älteren Fahrzeugen noch konventionelle Zündspulen zum Einsatz kommen, verwendet man heutzutage bei Fahrzeugen mit Transistorzündung Zündspulen mit integrierten Schaltgeräten.



Bild: Zündspule



## Doppelfunken-Zündspulen

Doppelfunkenspulen werden bei Zündanlagen mit ruhender Hochspannungsverteilung eingebaut. Diese Zündspulen verwendet man bei Motoren mit gerader Zylinderzahl.

Die Primärwicklung und die Sekundärwicklung der Doppelfunkenspule besitzen jeweils zwei Anschlüsse.

Die Primärwicklung ist an Klemme 15 mit der Spannungsversorgung (Plus) und an Klemme 1 (Masse) mit der Endstufe des Zündschalt- oder Steuergerätes verbunden. Die Sekundärwicklung ist mit den Ausgängen (4 und 4a) an den Zündkerzen angeschlossen. Bei diesen Systemen werden jeweils zwei Zündkerzen von einer Zündspule mit Hochspannung versorgt. Da die Zündspule zwei Funken gleichzeitig erzeugt, muss sich eine Zündkerze im Arbeitstakt des Zylinders und die andere um 360° versetzt im Ausstoßtakt befinden.

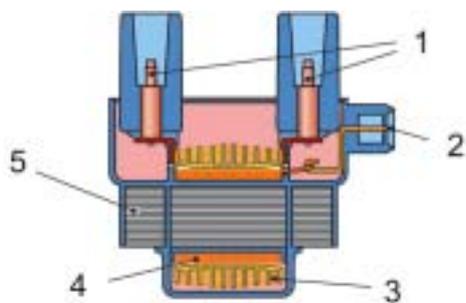


Abb. 2: Doppelfunkenspule

1. Hochspannungsanschlüsse
2. Niederspannungsanschluss
3. Sekundärwicklung
4. Primärwicklung
5. Eisenkern

Bei einem Vierzylindermotor sind zum Beispiel die Zylinder 1 und 4, sowie Zylinder 2 und 3 jeweils an eine Zündspule angeschlossen. Angesteuert werden die Zündspulen von den Zündungsendstufen im Steuergerät. Dieses erhält von dem Kurbelwellensensor das OT-Signal, um mit der Ansteuerung der richtigen Zündspule zu beginnen.

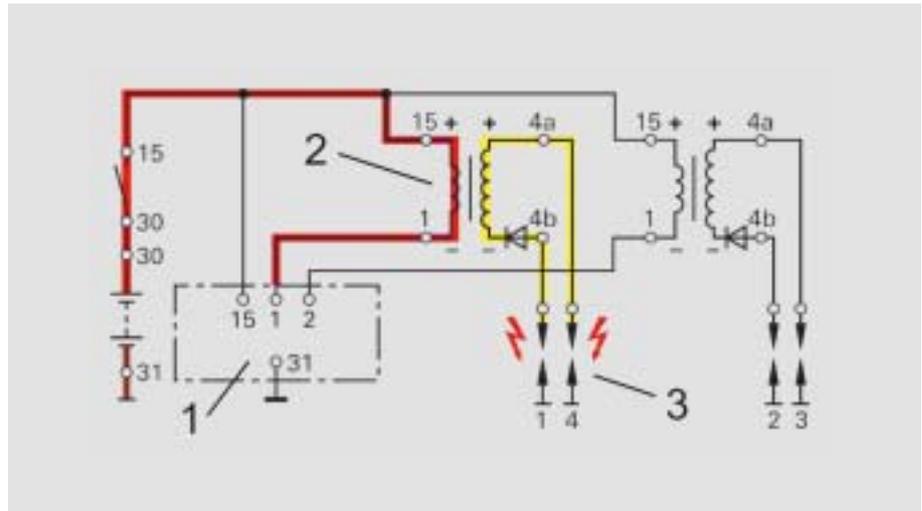


Abb. 3: Zündsystem mit Doppelfunkenspule

1. Zündsteuergerät
2. Zündspule
3. Zündkerzen

## Vierfunken-Zündspulen

Vierfunkenzündspulen ersetzen zwei Doppelfunkenspulen bei Vierzylindermotoren. Diese Spulen besitzen zwei Primärwicklungen, die jeweils von einer Endstufe des Steuergerätes angesteuert werden. Die Sekundärwicklung ist nur einmal vorhanden. An ihren Ausgängen sind jeweils zwei Anschlüsse für die Zündkerzen, die über Diodenkaskaden entgegengesetzt geschaltet sind.

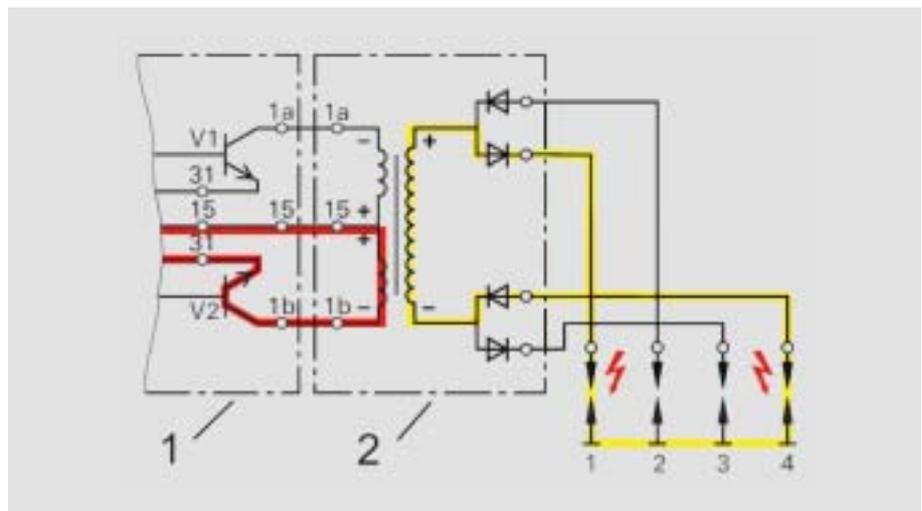


Abb. 4: Zündsystem mit Vierfunken-Zündspule

1. Zündsteuergerät
2. Zündspule

# Einzelfunken-Zündspulen

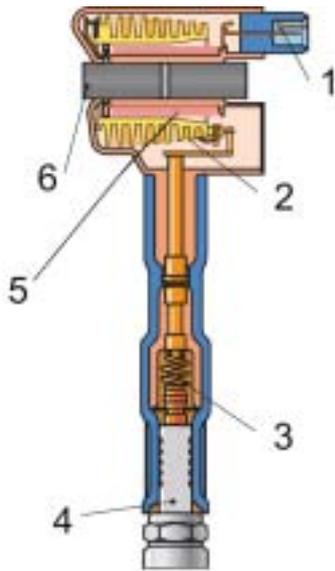


Abb. 5: Einzelfunkenzünde

1. Niederspannungsanschluss
2. Sekundärwicklung
3. Hochspannungsanschluss
4. Zündkerze
5. Primärwicklung
6. Eisenkern

Bei Systemen mit Einzelfunken-Zündspulen ist jedem Zylinder eine Zündspule mit Primär- und Sekundärwicklung zugeordnet. Diese Zündspulen sind in der Regel direkt am Zylinderkopf über der Zündkerze eingebaut.

Auch diese Spulen sind mit der Primärwicklung an Klemme 15 (Spannungsversorgung plus) und an Klemme 1 (Masse) mit dem Steuergerät verbunden. Die Sekundärwicklung ist mit dem Ausgang der Klemme 4 an der Zündkerze angeschlossen. Sollte zusätzlich eine Klemme 4b vorhanden sein, so wird dieser Anschluss zur Überwachung von Zündaussetzern genutzt. Die Ansteuerung erfolgt in einer vom Steuergerät festgelegten Reihenfolge.

Die Schaltung einer Einzelfunkenzünde entspricht der einer herkömmlichen Zündspule. Zusätzlich wird im Sekundärstromkreis eine Hochspannungsdiode zur Unterdrückung des sogenannten Schließfunken eingesetzt. Der beim Einschalten der Primärwicklung durch die Selbstinduktion in der Sekundärwicklung entstehende unerwünschte Funke wird durch diese Diode unterdrückt. Das ist möglich, da die Sekundärspannung des Schließfunken eine entgegengesetzte Polarität wie der Zündfunken hat. In diese Richtung sperrt die Diode.

Bei Einzelfunkenzünden wird der zweite Ausgang der Sekundärwicklung über die Klemme 4b auf Masse gelegt. Für die Zündüberwachung wird in die Masseleitung ein Messwiderstand eingebaut, der den Spannungsabfall, den der Zündstrom während des Funkenüberschlags erzeugt, für das Steuergerät als Messgröße darstellt.

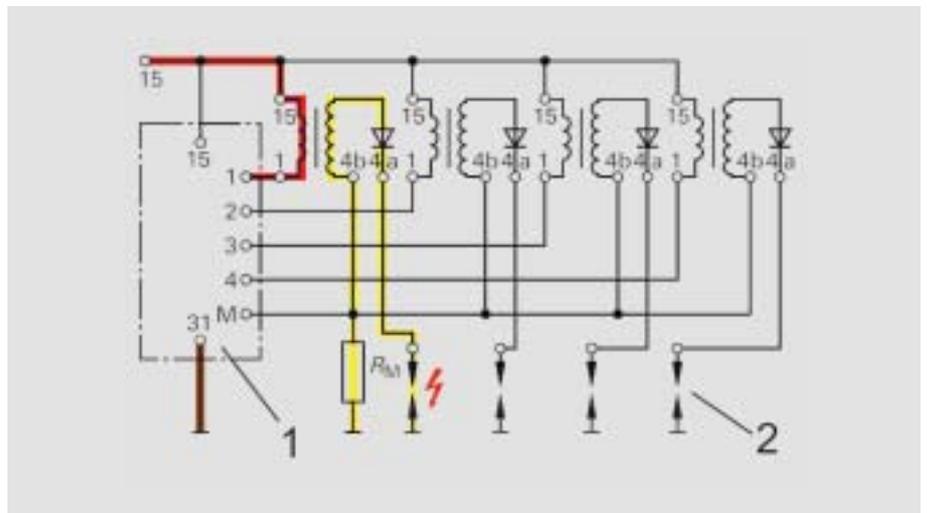


Abb. 6: Zündsystem mit Einzelfunkenzünden

1. Zündsteuergerät
2. Zündkerzen

# Mögliche Ausfallursachen



Bild: Kurzschluss

## Interne Kurzschlüsse

Überhitzung der Spule verursacht durch den Alterungsprozess, ein defektes Zündmodul oder eine defekte Endstufe im Steuergerät.

## Fehler in der Spannungsversorgung

Durch eine zu geringe Spannungsversorgung steigt die Ladezeit der Spule, das kann zu vorzeitigem Verschleiß oder zur Überlastung des Zündschaltgerätes oder der Endstufen im Steuergerät führen.

Eine defekte Verkabelung oder eine schwache Batterie kann dafür die Ursache sein.

## Mechanische Beschädigungen

Beschädigungen der Zündleitungen durch Marderbisse.

Eine defekte Ventildeckeldichtung und das dabei austretende Motoröl können die Isolation bei Kerzenschichtspulen beschädigen.

Beide Ursachen führen zu einem Funkenüberschlag und somit zum vorzeitigem Verschleiß.



Bild: Kontaktfehler

## Kontaktfehler

Übergangswiderstände in der Verkabelung durch eindringende Feuchtigkeit im Primär- und Sekundärbereich, häufig auch verstärkt verursacht durch eine Motorwäsche oder in der Winterzeit durch den Einsatz von Streusalz.

## Ein Ausfall kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Motor springt nicht an
- Fahrzeug hat Zündaussetzer
- Schlechte Beschleunigung oder Leistungsverlust
- Motorsteuergerät schaltet in den Notlauf
- Motorkontrolle leuchtet
- Abspeichern eines Fehlercodes



Bild: Ausfall

# Diagnose

*Ausgebauter Zustand*

**Für die Prüfung der Zündspule gibt es unterschiedliche Möglichkeiten:**

**Widerstandswerte der Spulen mit dem Ohmmeter prüfen.**

Je nach Zündanlage und Bauform der Zündspule gelten folgende Richtwerte:  
(Herstellerangaben beachten)

## Zylinderzündspule (Transistorzündanlage)

Primär: 0,5  $\Omega$ –2,0  $\Omega$

Sekundär: 8,0 k $\Omega$ –19,0 k $\Omega$

## Ausgebauter Zustand

### Zylinderzündspule (Elektronische Zündanlage mit Kennfeldzündung)

Primär: 0,5  $\Omega$ –2,0  $\Omega$

Sekundär: 8,0 k $\Omega$ –19,0 k $\Omega$

### Einzelfunken- oder Doppelfunkenspule (Vollelektronische Zündanlage)

Primär: 0,3  $\Omega$ –1,0  $\Omega$

Sekundär: 8,0 k $\Omega$ –15,0 k $\Omega$



## Praxis-Tipp

### Hinweis:

Sollte in einer Zündspule eine Hochspannungsdiode zur Funkenunterdrückung eingebaut sein, so ist eine Widerstandsmessung der Sekundärspule nicht möglich.

### In diesem Fall kann man sich folgendermaßen weiterhelfen:

Durch Anschließen eines Voltmeters in Reihe zur Sekundärwicklung der Zündspule an eine Batterie.

Wird die Batterie in Durchlassrichtung der Diode angeschlossen, muss das Voltmeter eine Spannung anzeigen.

Nach dem Umpolen der Anschlüsse in Sperrrichtung der Diode darf keine Spannung mehr angezeigt werden. Wird in beide Richtungen keine Spannung angezeigt, kann man von einer Unterbrechung im Sekundärbereich ausgehen. Wird in beide Richtungen eine Spannung angezeigt, ist die Hochspannungsdiode defekt.

## Eingebauter Zustand

### Folgende Prüfungen können angewandt werden:

- Prüfung der Zündspule auf mechanische Beschädigungen.
- Gehäuse auf Haarrisse oder Austritt von Vergussmasse prüfen.
- Elektrische Verkabelung und Steckverbindungen auf Beschädigungen oder Oxidation prüfen.
- Spannungsversorgung der Zündspule überprüfen.
- Fehlerspeicher mit Diagnosegerät auslesen.
- Motorsteuerungen mit Zündüberwachung.
- Darstellung des Hochspannungsverlaufes mit Oszilloskop oder Zündoszilloskop.



Bei allen Prüfarbeiten an der Zündanlage darf nicht außer Acht gelassen werden, dass Fehler, die während einer Prüfung mit dem Oszilloskop festgestellt werden, nicht nur auf ein Problem mit der Elektronik zurückzuführen sind, sondern auch im mechanischen Bereich des Motors ihre Ursache haben können. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn bei einem Zylinder die Kompression zu niedrig ist und dadurch die angezeigte Zündspannung auf dem Oszilloskop nicht so hoch ist, wie bei den anderen Zylindern.

### Hinweis:

Obwohl bei heutigen Fahrzeugen „Diagnosefähige Motormanagement Systeme“ verbaut sind, ist der Einsatz von Multimeter oder Oszilloskop bei der Überprüfung von Zündanlagen erforderlich. Um die angezeigten Messergebnisse bzw. Bilder richtig zu interpretieren ist meistens eine zusätzliche Schulung der Mitarbeiter notwendig. Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Diagnose ist eine sorgfältige Sichtprüfung am Beginn der Fehlersuche.

# Praxis-Beispiel zur Fehler-Diagnose im Werkstattalltag

An dem nachfolgenden Beispiel „Verbrennungsaussetzer“ möchten wir Ihnen die Diagnose einer Doppelfunkenspule darstellen.

Fahrzeug: Alfa Romeo 147 1.6 TS mit Doppelzündung

Jeder Zylinder verfügt über eine Haupt- und eine Nebenkerze.

Die Ansteuerung der Zündspulen erfolgt durch die im Motorsteuergerät integrierten Zündendstufen.

## Diagnosebedingung

Motormechanik, Batterie, Startanlage und Kraftstoffsystem in Ordnung.

## Kundenbeanstandung



- Der Kunde meldet eine Funktionsstörung des Motorsteuerungssystems
- Warninformation im Kombiinstrument:  
Fehler: Motorüberwachungssystem

## Praxis-Tipp

Bevor Sie mit der Diagnose beginnen, sollten Sie Folgendes beachten:

- Um das Fahrzeug richtig zuzuordnen zu können, ist es wichtig, dass die Fahrzeugdokumente dem Auftrag beiliegen (Fahrzeugschein).
- Überprüfen Sie die Batteriespannung. Eine schlechte Spannungsversorgung kann zum Systemausfall, zu fehlerhaften Messungen oder zu Spannungsabfällen führen.
- Überprüfen Sie die systembezogenen Sicherungen. Ein Blick in den Sicherungskasten kann unter Umständen die erste Fehlerquelle ausschalten.

## Fehlersuche



### 1. Anwendung des Diagnosegerätes

Diagnosegerät an den 16-poligen OBD-Stecker anschließen. Je nach Fahrzeughersteller und Zulassungszeitpunkt des Fahrzeuges, kann es möglich sein, dass eine andere Diagnosesteckdose und ein zusätzlicher Adapter verwendet werden muss.



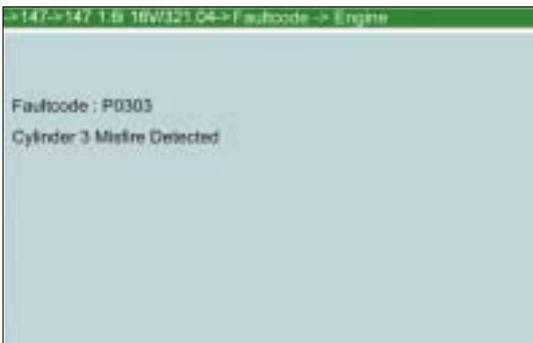
### Folgende Anwendungen am Diagnosegerät durchführen:

- Programm auswählen
- Fahrzeug auswählen
- Kraftstoffart auswählen
- Modell auswählen
- Fahrzeugtyp auswählen



- Gewünschte Funktion auswählen
- System auswählen  
Je nachdem, welches Diagnosegerät verwendet wird, können hier zusätzliche Sicherheitshinweise angezeigt werden.
- Fehlerdiagnose starten

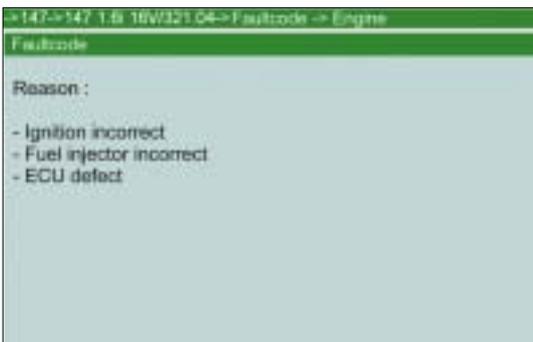
Um die Kommunikation mit dem Steuergerät aufzubauen, wird neben dem korrekten Anschlussstecker, auch eine ausreichende Batteriespannung benötigt. Eine unzureichende Versorgungsspannung des Steuergerätes könnte ein Hinweis auf einen Mangel an der Verkabelung oder einen Defekt der Fahrzeugbatterie sein.



### 2. Fehlerspeicher auslesen

Hier wurde der Fehler P0303 abgespeichert.

- Verbrennung Zylinder 3
- Verbrennungsaussetzer Zylinder 3 erkannt



### 3. Details auswerten

Hier werden zusätzlich Hinweise auf eine mögliche Fehlerursache abgespeichert

- Zündung fehlerhaft
- Einspritzventil fehlerhaft
- Steuergerät defekt

#### Hinweis:

Werden mehrere Fehlercodes angezeigt, zunächst den Fehler löschen. Anschließend mit angeschlossenem Diagnosegerät eine Probefahrt durchführen. Parameter beobachten und Fehlerspeicher auslesen.



#### 4. Fehlerursache ermitteln

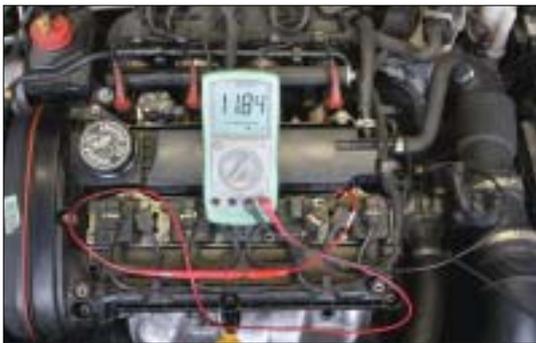
Vorbereitungen für die Diagnose am Motor

- Zusätzliche erforderliche Diagnosegeräte wie Multimeter oder Oszilloskop bereitstellen
- Technische Unterlagen heraussuchen
- Motorabdeckung entfernen (falls vorhanden)



#### 5. Sichtkontrolle durchführen

Bevor man mit der eigentlichen Diagnose beginnt, sollte man, so weit einsehbar, den Motorkabelbaum und die Steckverbinden auf Beschädigungen überprüfen. Knickstellen, eine fehlende Zugentlastung oder der sogenannte „Marderbiss“ am Kabelbaum könnten hier eine mögliche Ursache sein.



#### 6. Spannungsversorgung Zündspule Zylinder 3 prüfen

- Anschlussstecker an der Zündspule abziehen
- Spannungsmessung am kabelbaumseitigen zweipoligen Stecker durchführen
- Rotes Kabel vom Multimeter an PIN 2 (+), schwarzes Kabel an Motor-masse (-) anschließen. Zündung einschalten. Hier sollte eine Spannung von mehr als 10,5 Volt gemessen werden. Angezeigter Messwert: 11.84 Volt. Messung in Ordnung



## Praxis-Tipp

Um die Spannungsversorgung unter Belastung zu prüfen, empfiehlt sich die Messung beim Betätigen des Starters zu wiederholen. Um das unnötige Einspritzen von Kraftstoff zu verhindern ist es erforderlich, alle Stecker der Einspritzventile vorher abzuziehen.



### 7. Primärsteuerung Zündspule Zylinder 3 prüfen

- Stecker an der Zündspule abziehen
- Oszilloskop anschließen. Messspitzen an PIN 1 und PIN 2 mit dem zweipoligen Anschlussstecker verbinden
- Steckverbindungen an den Einspritzventilen abziehen
- Motor starten

Hier sollte auf dem Oszilloskop deutlich ein Signal zu erkennen sein. In diesem Beispiel ist die Messung erfolgreich.



### 8. Zündspule zur weiteren Prüfung ausbauen.

- Stecker an der Zündspule abziehen
- Hochspannungskabel für zweite Kerze abziehen
- Befestigungsschrauben entfernen
- Zündspule senkrecht und parallel zum Kerzenschacht herausziehen

Um Beschädigungen des Kerzensteckers zu vermeiden, sind Drehbewegungen der Zündspule unbedingt zu vermeiden.



## Praxis-Tipp

Kerzenschacht auf Verunreinigungen durch Öl und Wassereintritt überprüfen. Zündkerzen ausbauen und kontrollieren.



### 9. Widerstandmessung durchführen

Ausgebaute Zündspule mit dem Multimeter überprüfen. Zur Messung der Primärwicklung ein Ohmmeter direkt an dem Komponentenstecker PIN 1 und PIN 2 anschließen.

- Sollwert:  $0,3 \Omega - 1,0 \Omega$
- Istwert:  $0,5 \Omega$  (in Ordnung)



Zur Messung der Sekundärspule Prüfspitzen direkt an den Hochspannungsausgängen der Zündspule messen.

- Sollwert :  $8,0 \text{ k}\Omega - 15,0 \text{ k}\Omega$
- Istwert :  $\infty$  (Unterbrechung Sekundärspule)

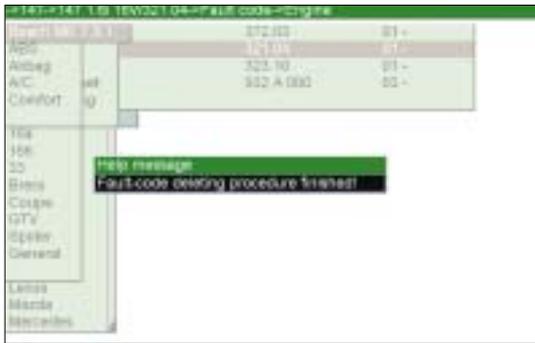
Bitte beachten Sie in diesem Zusammenhang immer die Angaben des Fahrzeugherstellers.

## Praxis-Tipp

Die Zündspulen in diesem Fahrzeug sind baugleich und können zur Probe untereinander vertauscht werden.

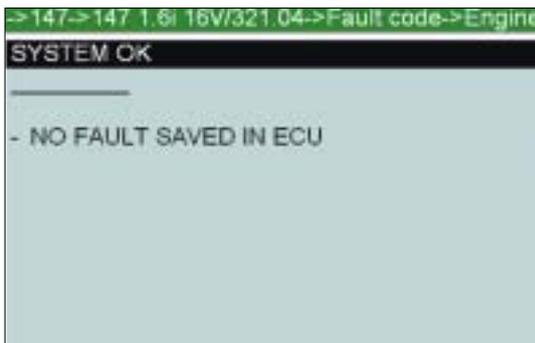
### 10. Zündspule erneuern

Hier ist auf richtigen Sitz des Kerzensteckers und des Hochspannungskabels für die zweite Kerze zu achten. Zündspule mit den Befestigungsschrauben befestigen. Anschließend alle Steckverbindungen der Zündspule und die Stecker der Einspritzventile aufstecken.



## 11. Fehlerspeicher löschen

Durch die Diagnosearbeiten wurden vom Steuergerät zusätzliche Fehler erkannt und müssen vor der Probefahrt gelöscht werden.



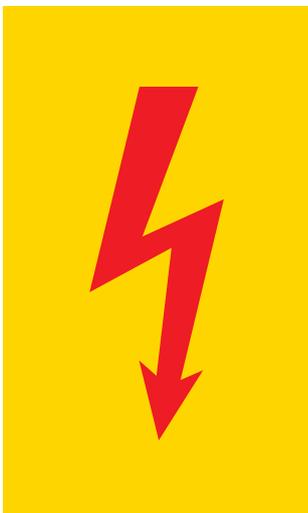
## 12. Funktionskontrolle durchführen

Probefahrt mit angeschlossenem Diagnosegerät durchführen. Anschließend den Fehlerspeicher erneut auslesen.

### Hinweis:

Bitte beachten Sie bei allen Prüf- und Diagnosearbeiten nach Möglichkeit immer die Angaben des Fahrzeugherstellers. Hier kann es je nach Hersteller zusätzliche fahrzeugspezifische Prüfmethode geben, die berücksichtigt werden müssen.

## Sicherheitshinweise



Das Arbeiten an elektronischen Zündanlagen kann bei Kontakt der spannungsführenden Komponenten für den Menschen zu lebensgefährlichen Verletzungen führen.

Dies gilt nicht nur für den hochspannungsführenden Sekundärbereich, sondern auch für den Primärstromkreis. Prüf- und Reparaturarbeiten sollten deshalb nur vom geschulten Fachpersonal durchgeführt werden.

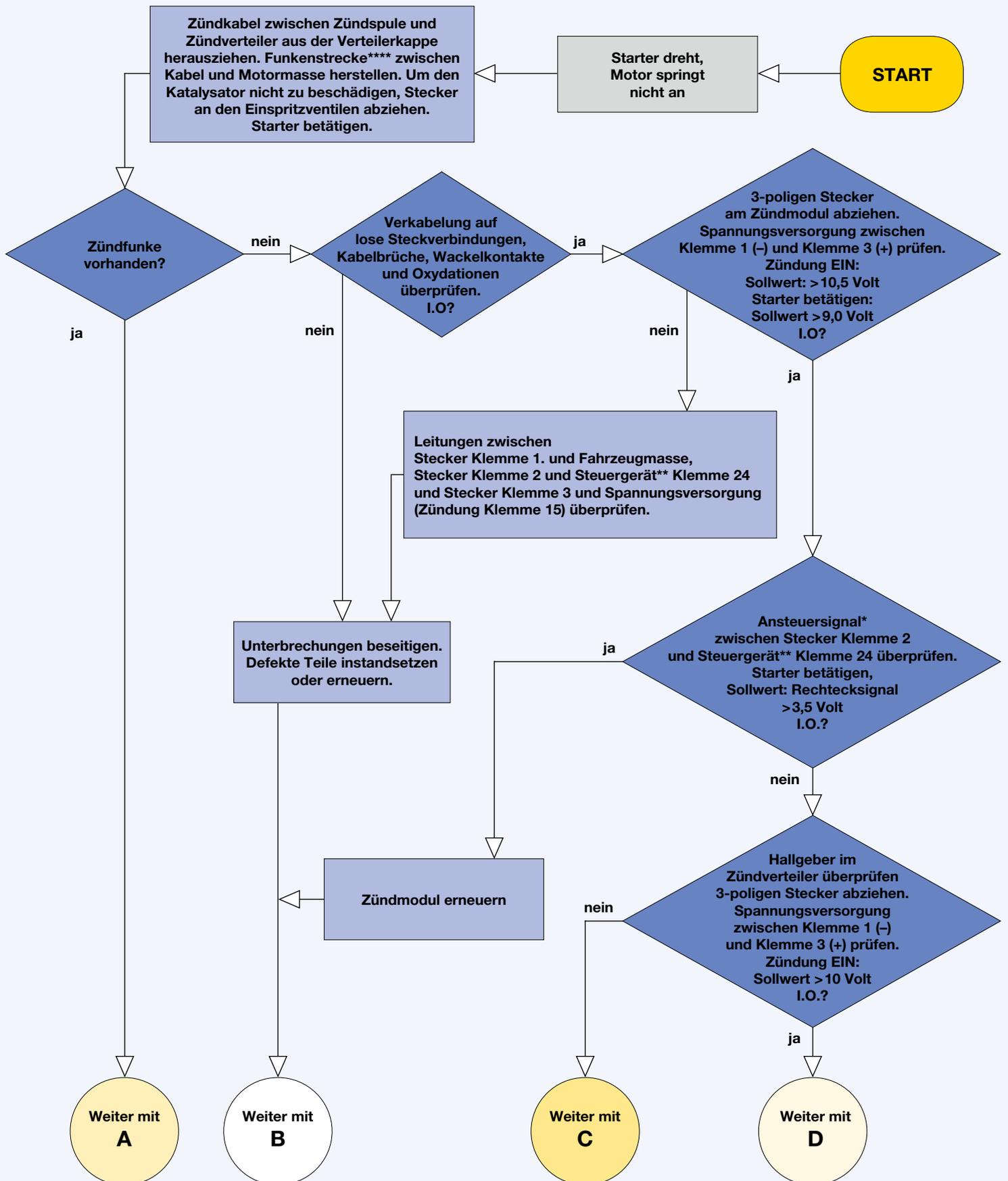
### Beachten Sie bitte folgende Sicherheitsmaßnahmen:

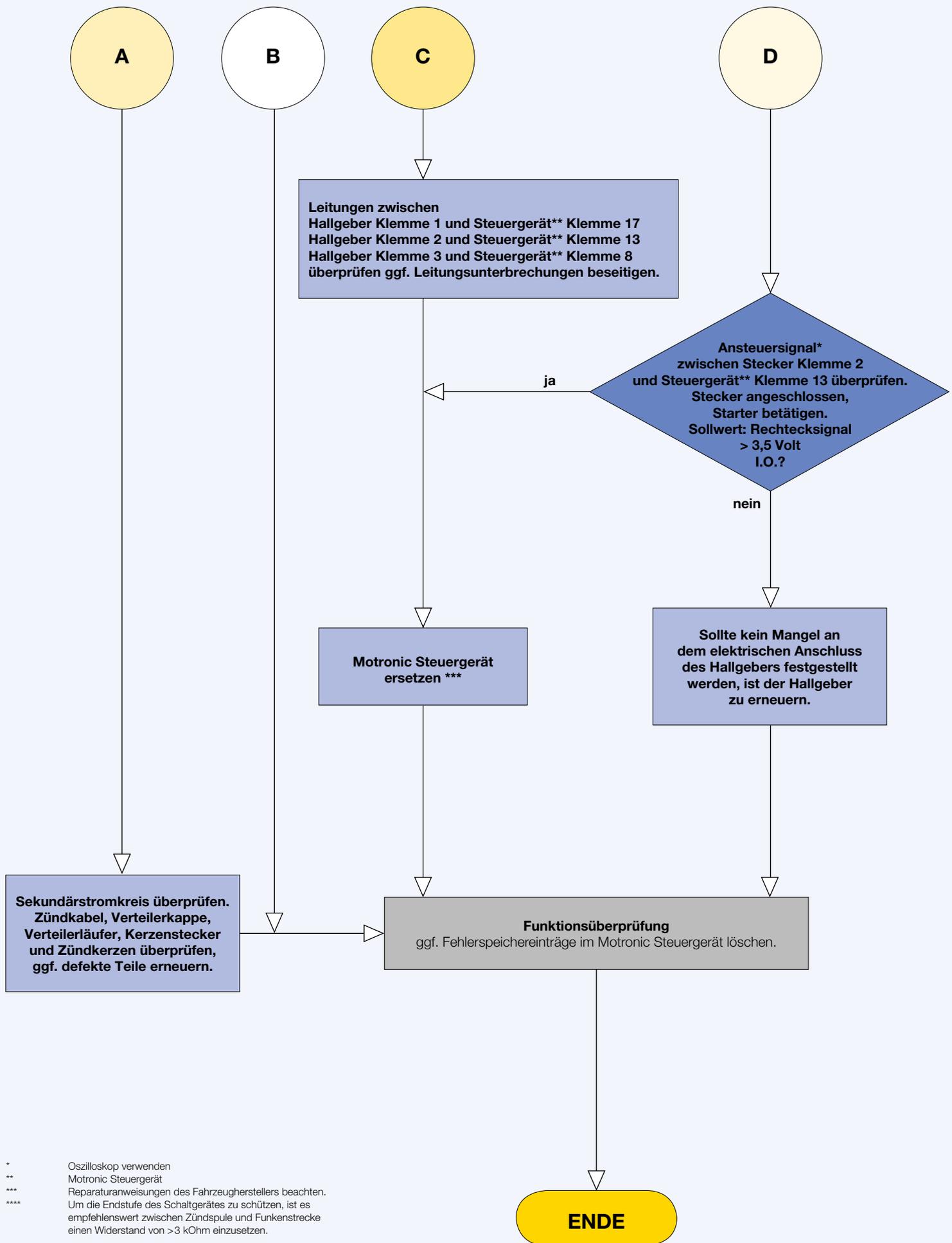
- Zündkabel, Verteilerkappe und Kerzenstecker bei laufendem Motor nicht berühren oder abziehen.
- Steuergeräte, Steckverbindungen und Anschlussleitungen nur bei ausgeschalteter Zündung an- oder abklemmen.
- Motorwäsche nur bei Motorstillstand und ausgeschalteter Zündung durchführen.
- Bei allen Prüfungen an der Zündanlage, die das Drehen des Motors mit Starterdrehzahl erfordern, sollte zum Schutz des Katalysators die Spannungsversorgung der Einspritzventile unterbrochen werden.

# Fehlersuchbaum Zündspule mit integriertem Zündschaltgerät (Zündmodul)

Beispiel: VW/Motorcode APQ, Motronic MP 9.0.

Diagnosevoraussetzung: Motormechanik, Batterie, Startanlage und Kraftstoffsystem in Ordnung.





\* Oszilloskop verwenden  
 \*\* Motronic Steuergerät  
 \*\*\* Reparaturanweisungen des Fahrzeugherstellers beachten.  
 \*\*\*\* Um die Endstufe des Schaltgerätes zu schützen, ist es empfehlenswert zwischen Zündspule und Funkenstrecke einen Widerstand von >3 kOhm einzusetzen.

**Hella KGaA Hueck & Co.**

Kunden-Service-Center

Rixbecker Straße 75

59552 Lippstadt/Germany

Tel.: 0180-5-250001 (0,14 ¢/Min. aus dem deutschen Festnetz)

Fax: 0180-2-250001 (0,06 ¢ je Verbindung)

Internet: [www.hella.de](http://www.hella.de)



**Ideen für das  
Auto der Zukunft**