

Inhaltsverzeichnis

Lernziele	2
Grundlagen.....	3
Einteilung Spulenzündanlagen	4
Kontaktgesteuerte Spulenzündung SZ.....	5
Wirkungsweise	6
Transistorisierte Spulenzündung TSZ.....	9
Transistorzündung TZ-i / TZ-h.....	10
Wirkungsweise	11
Physikalische Vorgänge	13
Bauteile	16
Induktivgeber	20
Hallgeber	22
Zündwinkel	26
Druckverlauf in Abhängigkeit vom Zündzeitpunkt.....	27
Zündzeitpunktverstellung.....	28
Mechanische Zündzeitpunktverstellung.....	29
Fliehkraftverstellung.....	30
Unterdruckverstellung.....	31
Elektronische Zündzeitpunktverstellung (Kennfeldzündung)	32
Elektronische Zündung EZ.....	35
Klopfende Verbrennung	37
Klopfreglung	38
Vollelektronische Zündung VZ	40
Kombiniertes Zünd-Einspritzsystem	41
Normaloszillogramm	42
Vorsichtsmassnahmen im Umgang mit Zündanlagen.....	43
Zündkerzen.....	44

Lernziele

Zündanlage

- Die Aufgabe der Zündanlage nennen
- Den prinzipiellen Aufbau der elektronischen Batteriezündanlage und die prinzipielle Wirkungsweise des Induktiv- und Hall-Gebers erklären
- Die Aufgabe der Klopfregelung erklären
- Die prinzipielle Wirkungsweise der Klopfregelung erklären
- Zündkennfelder und Blockschaltbilder von kombinierten Zünd- und Benzineinspritzsystemen interpretieren
- Vorsichtsmassnahmen bei Arbeiten an Zündanlagen nennen
- Die Anforderungen an Zündkerzen nennen und Zündkerzenbauarten unterscheiden
- Den Begriff Wärmewert erklären und den Einsatz von Zündkerzen mit verschiedenen Wärmewerten begründen

SVBA-Blätter

- 955-958

Grundlagen

Als Zündung bezeichnet man beim Verbrennungsmotor die Entflammung des verdichteten Kraftstoff-Luft-Gemisches im Brennraum des Zylinders. Bei Ottomotoren zündet ein Hochspannungsfunken an der Zündkerze das verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch, beim Dieselmotor entzündet sich der Brennstoff von selbst, wenn er durch eine Düse fein verteilt in hochverdichtete, heisse Luft eingespritzt wird. (Selbstzündung)

Die erste Form der Zündung war die Glührohrzündung, bei der mit einem kleinen Brenner ein Platinröhrchen im Verbrennungsraum des Zylinders zum Glühen gebracht wurde. Das führte bei der Komprimierung des Gasgemisches zur Entzündung. Diese Vorrichtung war jedoch störanfällig und nicht regulierbar.

Fremdzündung

Fremdzündung ist das Entzünden des Kraftstoff-Luft-Gemisches durch einen elektrischen Funken. Otto-Motoren verfügen über eine Fremdzündung.

Aufgabe

- Erforderliche Zündspannung erzeugen (bis 40'000 Volt).
- Verbrennung im richtigen Zeitpunkt einleiten (Zündzeitpunkt).
- Bei Motoren mit mehreren Zylindern die Zündspannung richtig verteilen (Hochspannungsverteilung).
- Das Gemisch so zu entzünden, dass eine vollständige Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches erfolgt.

Ziele

- Maximales Drehmoment und Leistung
- Minimaler Kraftstoffverbrauch
- Geringe Abgaswerte

Arten

- Spulenzündanlage
- Kondensatorzündanlagen (HKZ)

Spulenzündanlagen werden bei Ottomotoren im Kraftfahrzeug meistens verwendet. Kondensatorzündanlagen kommen seltener zum Einsatz und werden in diesem Lehrmittel auch nicht behandelt.

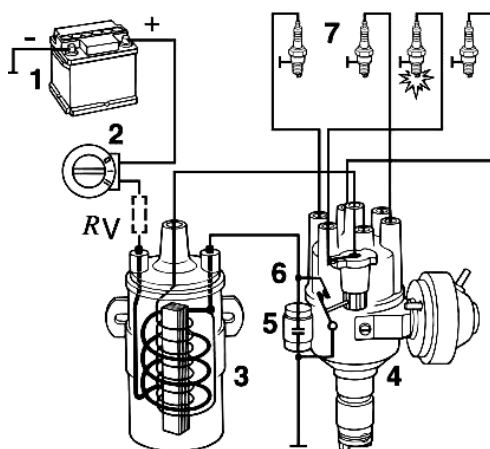
Einteilung Spulenzündanlagen

	Zündsystem	Abk.	Auslösung des Zündvorganges	Schalten des Primärstromes	Zündverstellung	Hochspannungs-Verteilung	
						mechanisch	Rotierende Verteilung ROV
alt	Spulen-Zündung	SZ	mechanisch Unterbrecher	mechanisch Unterbrecher	mechanisch Fliehkraft Unterdruck	mechanisch Rotor im Zündverteiler	Rotierende Verteilung ROV
	Transistorisierte Spulen-Zündung Schaltgerät konventionell	TSZ-k TSZ-i TSZ-h	mechanisch oder elektronisch	elektronisch Transistor	mechanisch Fliehkraft Unterdruck	mechanisch Rotor im Zündverteiler	ROV
	Transistor-Zündung Schaltgerät in Hybridtechnik	TZ-i TZ-h TZ-o	elektronisch	elektronisch Transistor	mechanisch Fliehkraft Unterdruck	mechanisch Rotor im Zündverteiler	ROV
modern	Elektronische Zündung Klopregelung	EZ	elektronisch	elektronisch Transistor	elektronisch	mechanisch Rotor im Zündverteiler	ROV Klopregelung möglich
	Vollelektronische Zündung Klopregelung	VZ	elektronisch	elektronisch Transistor	elektronisch	elektronisch	RUV Klopregelung

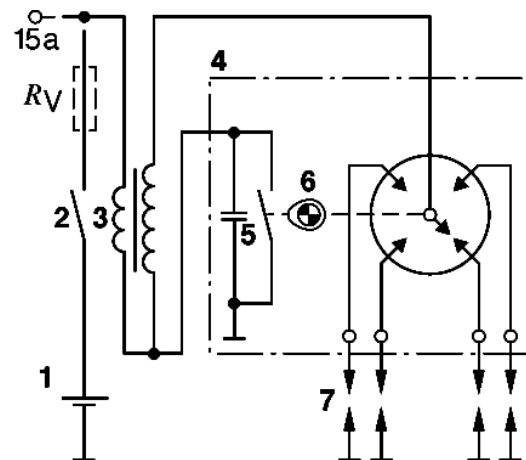
Kontaktgesteuerte Spulenzündung SZ

	Bauteil	Aufgabe
1	Batterie	Liefert die Energie zum Aufbau des Magnetfeldes. (Vom Alternator, wenn der Motor läuft)
2	Zündschloss	Ein- und Ausschalten des Systems.
3	Zündspule	Aufbau und Speicherung des Magnetfeldes in der Primärwicklung. Erzeugung der Zündspannung in der Sekundärwicklung.
4	Zündverteiler	Verteilung der Zündenergie auf die Zündkerzen. Zündverstellung durch Fliehkraft (Motordrehzahl) und Unterdruck (Motorlast). Öffnen und schliessen des Unterbrechers durch Unterbrecherwelle.
5	Kondensator	Nimmt Selbstinduktionsspannung auf, damit die Unterbrecherkontakte nicht verbrennen.
6	Unterbrecher	Schaltet den Primärstrom ein- und aus.
7	Zündkerze	Lichtbogen (Zündfunken) erzeugen. Gemisch entzünden.

Darstellungsarten

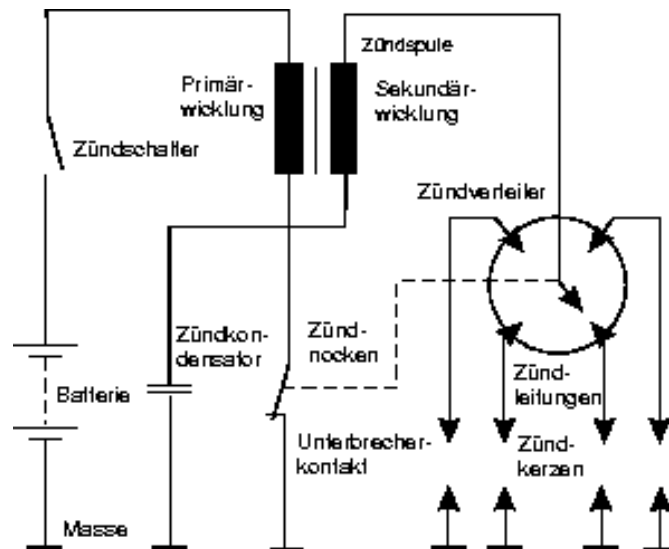


Funktionsdarstellung

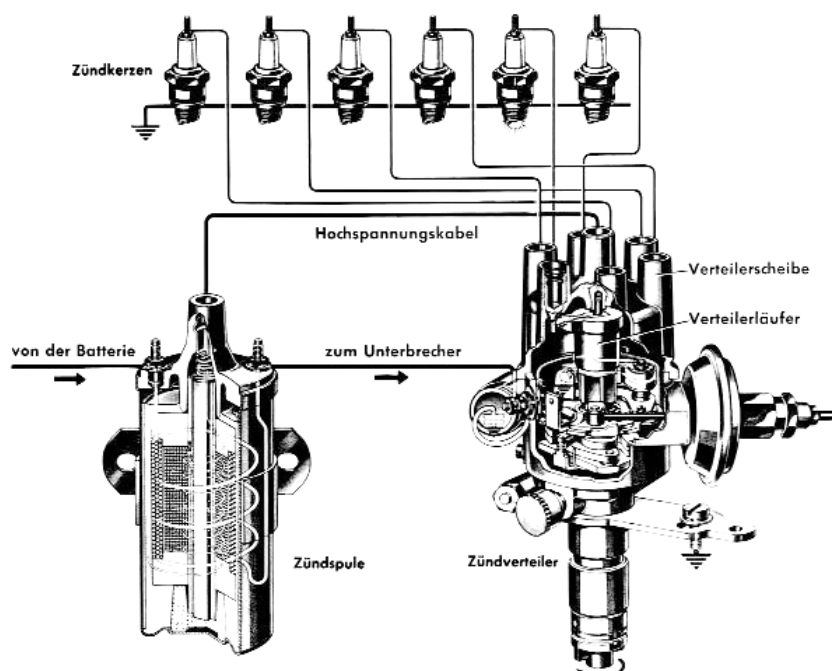


Schematische Zeichnung

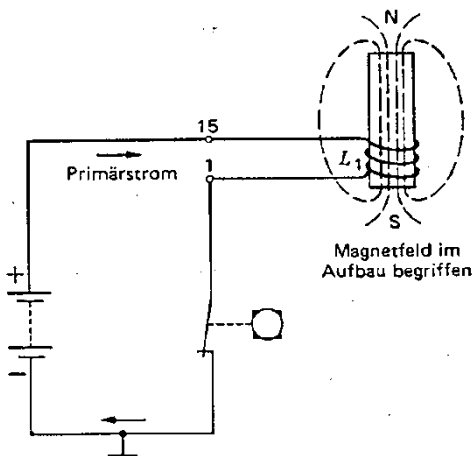
Wirkungsweise



Die kontaktgesteuerte Spulenzündung ist die einfachste Version einer Zündung, in der alle Funktionen verwirklicht sind. Der Strom der durch die Zündspule fließt wird über einen Kontakt im Zündverteiler (Zündunterbrecher) mechanisch EIN und AUS geschaltet. Wenn bei eingeschaltetem Zündschalter der Unterbrecherkontakt geschlossen ist, fließt der Strom aus der Batterie bzw. aus dem Generator durch die Primärwicklung der Zündspule und baut zur Energiespeicherung ein starkes Magnetfeld auf. Im Zündzeitpunkt wird der Unterbrecher durch die Unterbrecherwelle geöffnet und der Unterbrecher unterbricht den Primärstrom, das Magnetfeld bricht zusammen und induziert in der Sekundärwicklung die zur Zündung notwendige Hochspannung. Diese Hochspannung wird über die Zündkabel und den Zündverteilerrotor zur richtigen Zündkerze geleitet. Die Spannung steigt an, bis der Funke springt und das Gemisch entzündet wird.



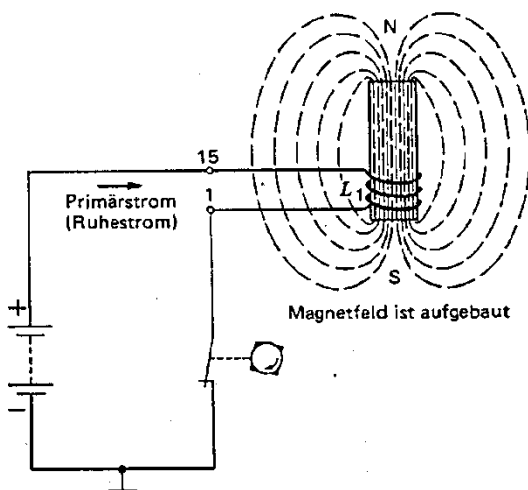
Zündspule wird aufgeladen



Primärstromkreis geschlossen

Der Primärstrom kann fließen. Er baut in der Primärwicklung L_1 der Zündspule ein Kraftfeld auf. Der Aufbau braucht einige Zeit, also muss der Stromkreis genügend lang geschlossen bleiben (Schliesszeit).

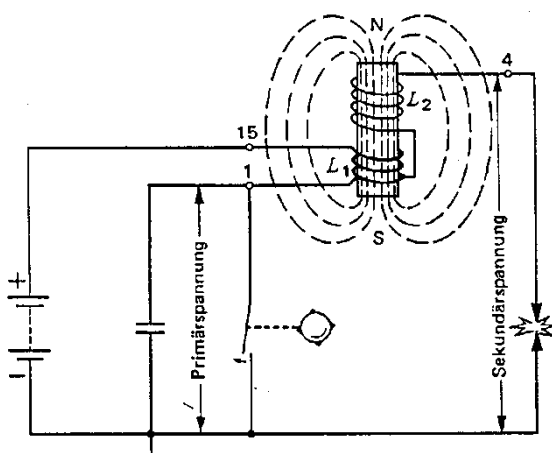
Zündspule ist aufgeladen



Ruhestrom

Wenn das Kraftfeld voll aufgebaut ist, fließt der Ruhestrom (ca. 5..15 A). Die Zündspule ist nun aufgeladen und bereit für die Zündung.

Zündmoment



Zündmoment

Der Primärstromkreis wird unterbrochen (Unterbrecherkontakt oder Transistor). Das Kraftfeld fällt schlagartig zusammen und induziert in der Sekundärwicklung L_2 der Zündspule die erforderliche Zündspannung (ca. 5..20 kV). Diese ionisiert die Luft im Elektrodenabstand der Zündkerze und bewirkt den Zündfunken.

Primärinduktion

Beim Zusammenbruch des Kraftfeldes wird auch in der Primärwicklung eine Spannung induziert (ca. 300..500 Volt). Der Kondensator verhindert die Funkenbildung am Unterbrecherkontakt und sorgt damit für ein sauberes Unterbrechen des Primärstromes.

Aufgabe:

Erklären Sie in ca. 6 Schritten den Ablauf vom Zündung einschalten, bis zum springen des Zündfunken.

1. Zündung einschalten.

2. Primärstrom fließt über die geschlossenen Unterbrecherkontakte.

3. In der Primärwicklung baut sich ein Magnetfeld auf.

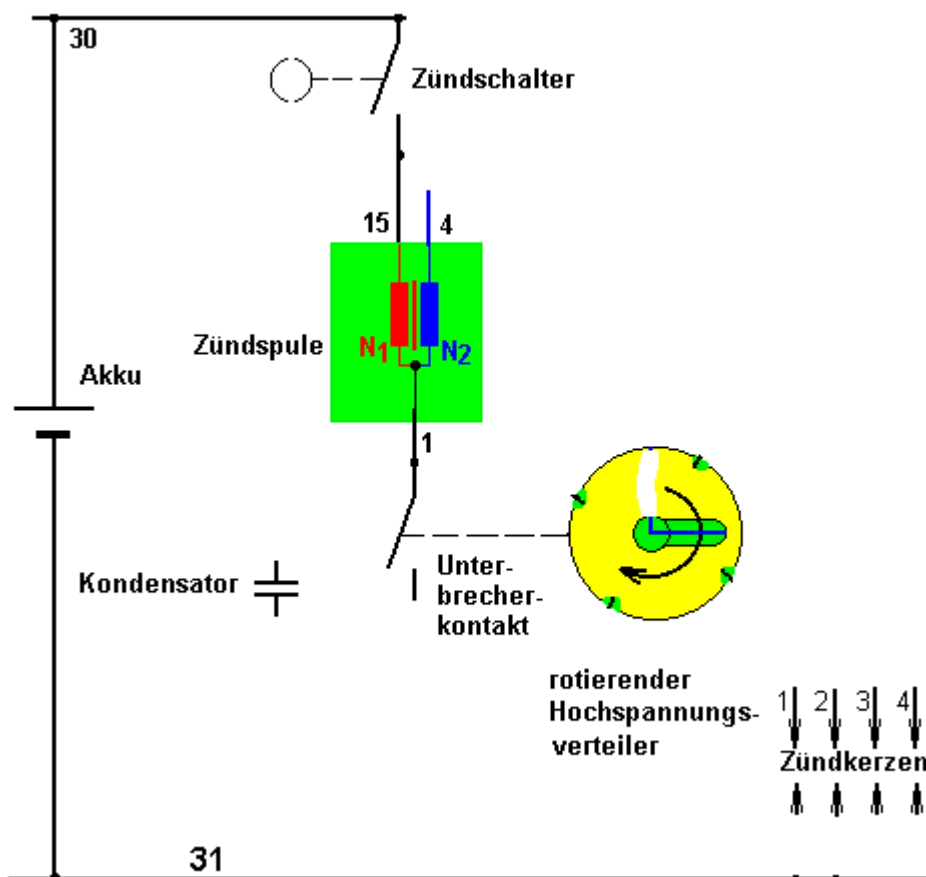
4. Die Unterbrecherkontakte öffnen, das Magnetfeld bricht in der Primärwicklung zusammen.

5. In die Sekundärwicklung wird die Zündspannung induziert.

6. Ist die Zündspannung erreicht, springt der Zündfunke über.

Aufgabe:

Ergänzen Sie die untere schematische Zeichnung.



Transistorisierte Spulenzündung TSZ

Nach der konventionellen Spulenzündung kam die Transistorisierte Spulenzündung TSZ auf den Markt. Am Anfang erfolgte die Zündauslösung auch bei dieser Zündung durch den Unterbrecher. Dieser steuerte aber lediglich das elektronische Schaltgerät an, welches dann über einen Transistor den Primärstrom ein- und ausschaltete. Später wurde dann der Unterbrecher durch einen Hall- oder einen Induktivgeber ersetzt. Die Zündverstellung erfolgte weiterhin mechanisch.

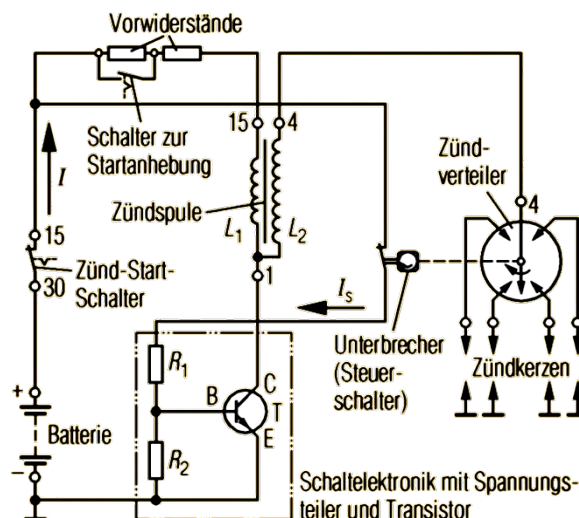
Arten

TSZ-k	Transistorisierte Spulenzündung kontaktgesteuert
TSZ-i	Transistorisierte Spulenzündung durch Induktivgeber gesteuert
TSZ-h	Transistorisierte Spulenzündung durch Hallgeber gesteuert

Vorteile TSZ gegenüber SZ

- Höherer Primärstrom möglich, bis 10 A (Unterbrecher max. 5 A), dadurch höhere Zündspannung und grössere Funkenzahl möglich.
- TSZ-k praktisch kein Verschleiss am Unterbrecher, wartungsarm.
- TSZ-i und TSZ-h wartungsfrei, keine Veränderung von Schliesswinkel und Zündzeitpunkt durch Unterbrecherverschleiss.

TSZ-k



Transistorzündung TZ-i / TZ-h

Der Unterschied von TSZ zu TZ liegt in der Bauart des Schaltgerätes bzw. der Schaltelektronik. Bei der TSZ waren die Bauteile des Schaltgerätes auf eine Trägerplatte gelötet, (Diskreter Aufbau) welche dann in einem Gehäuse untergebracht wurde. Diese Bauart brauchte relativ viel Platz und war empfindlich auf Verschmutzung und Vibrationen. Bei der TZ lag der Fortschritt in der Verwendung von Steuergeräten in Hybridbauweise.

Schaltgerät

Bei der TZ (Transistorzündung) wurde das Schaltgerät in Hybridtechnik ausgeführt. Durch spezielle Verbindungstechnik der elektronischen Bauteile und Vergiessen wurde das Schaltgerät viel kleiner und viel weniger Defektanfällig.



Unterschied Transistorzündung TZ zu TSZ

- **Kein Unterbrecher, Zündauslösung immer elektronisch**
- **Steuergerät in Hybridbauweise**

Impulsgeberarten

- **Induktivgeber TZ-i**
- **Hallgeber TZ-h**
- **Optogebler TZ-o (Lichtschanke)**

Vorteile TZ (Hybridbauweise) gegenüber TSZ

- **Schliesswinkelreglung**
- **Ruhestromabschaltung**
- **Strombegrenzung**

Wirkungsweise

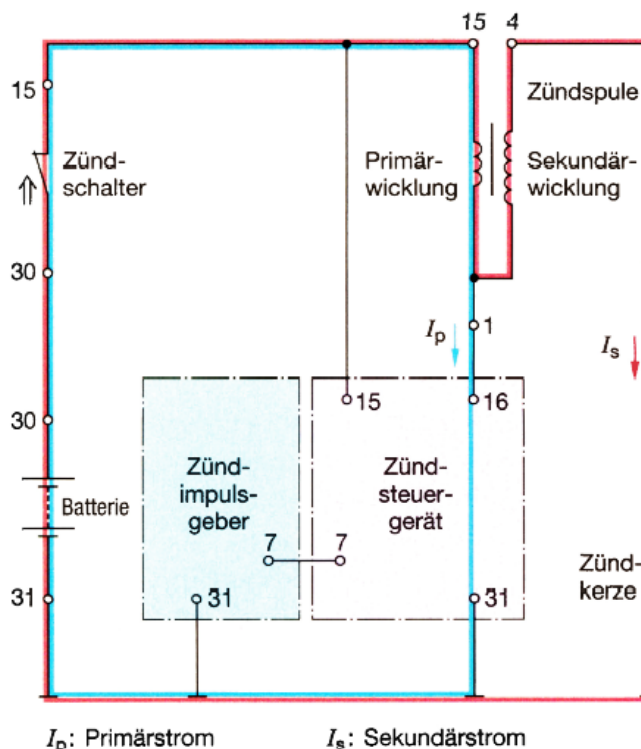
Die untere Abbildung zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Zündanlage für einen Einzylindermotor. Das Zündsteuergerät hat die Aufgabe, den Primärstrom ein- und auszuschalten. Im Prinzip kann das ein mechanischer Schalter (Unterbrecherkontakt) sein. Wegen der Nachteile des mechanischen Schalters, z. B. Funkenbildung während des Ausschaltens des Primärstromes (Kontaktfeuer) und dem damit verbundenen Verschleiss, wird ein Transistor bzw. eine Transistorschaltung verwendet.

Aufgabe:

Zeichnen Sie beide Stromkreise ein.

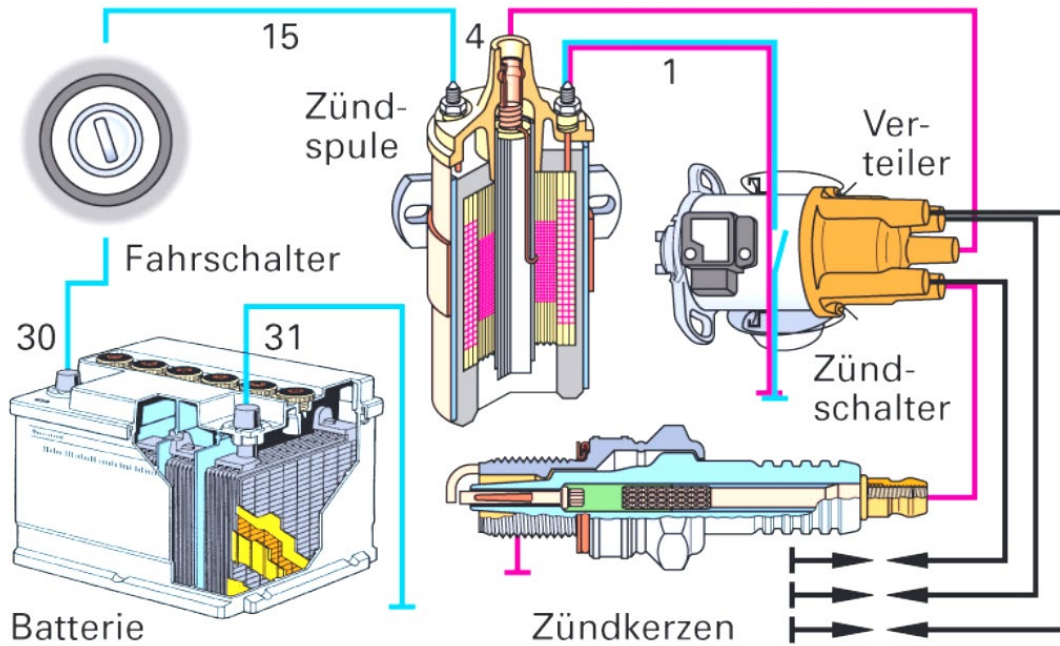
Blau = Primärstromkreis

Rot = Sekundärstromkreis



Bei geschlossenem Zündschalter wird der Primärstrom I_p durch das Zündsteuergerät eingeschaltet. Der Primärstrom fliesst aus der Batterie (Klemme 30, Pluspol) über den Zündschalter durch die Primärwicklung der Zündspule, das Zündsteuergerät und zur Batterie (Klemme 31, Minuspol) zurück. Durch das Fließen des Primärstromes durch die Primärwicklung wird um diese ein Magnetfeld aufgebaut, welches auch die Sekundärwicklung durchsetzt. Im Zündzeitpunkt wird der Primärstrom durch das Zündsteuergerät ausgeschaltet. Dadurch wird das Magnetfeld abgebaut und in der Sekundärwicklung der Zündspule nach dem Transformatorprinzip die Zündspannung erzeugt. Durch die Zündspannung entsteht an den Elektroden der Zündkerze ein Zündfunke, der das verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch im Zylinder entzündet.

Der Zündfunke entsteht durch die hohe Zündspannung (etwa 10 bis 15 kV) zwischen der Mittel- und Masseelektrode der Zündkerze. Durch die Zündspannung werden die Gasteilchen des Kraftstoff-Luft-Gemisches elektrisch leitend, wodurch ein kurzer Stromstoss (etwa 2 ms lang fließen 80 mA) in Form eines Lichtbogens (Zündfunke) erfolgt. Durch die hohe Temperatur des Zündfunkens (etwa 4000 °C) wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch erwärmt und dadurch gezündet.



Aufgabe:

Notieren Sie den Stromverlauf inklusive der Klemmenbezeichnungen des Primärstromkreises anhand von Schema auf der vorhergehenden Seite und des oberen Bildes.

- Batterie (30)
- Zündschloss (30 – 15)
- Primärwicklung (15 - 1)
- Zündsteuergerät (16 – 31)
- Batterie (31)

Aufgabe:

Notieren Sie den Stromverlauf inklusive der Klemmenbezeichnungen des Sekundärstromkreises eines Mehrzylindermotors anhand des Schemas auf der vorhergehenden Seite und des oberen Bildes.

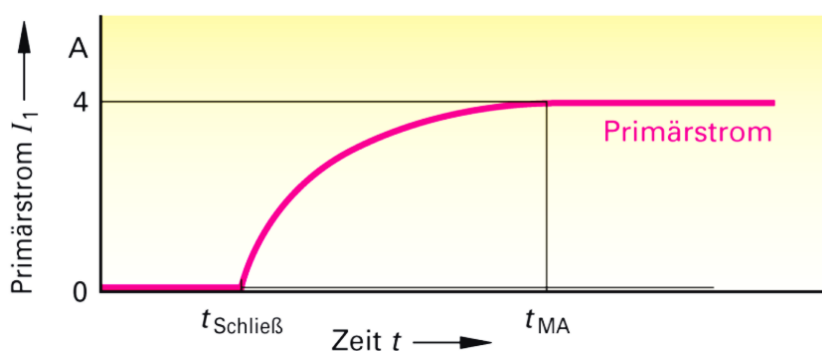
- Batterie (30)
- Zündschloss (30 – 15)
- Primärwicklung (15 – 1)
- Sekundärwicklung (1 – 4)
- Zündverteiler (4)
- Zündkerzen
- Batterie (31)

Physikalische Vorgänge

Bei allen Spulenzündanlagen wird die elektrische Energie in Form eines Magnetfeldes gespeichert. Dieses wird durch Stromfluss in der Primärwicklung der Zündspule aufgebaut und durch den Eisenkern der Zündspule verstärkt.

Aufbau des Magnetfeldes

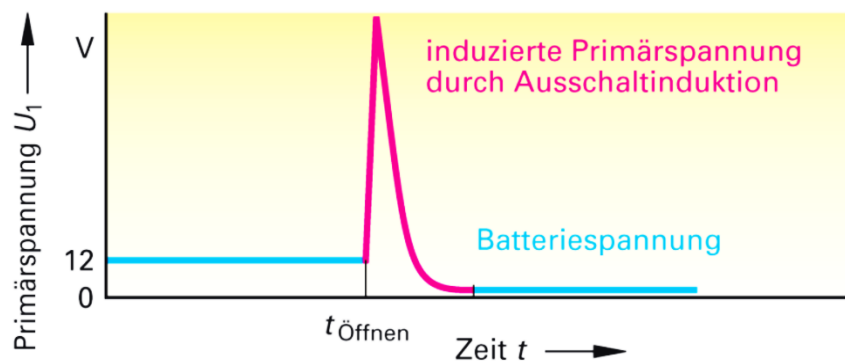
Wird der Primärstromkreis durch den Zündschalter geschlossen, fließt auf Grund der anliegenden Batteriespannung ein Strom. Dieser bewirkt, dass in der Primärwicklung der Zündspule ein Magnetfeld aufgebaut wird. Durch die während des Aufbaus erzeugte Magnetfeldänderung wird in der Primärwicklung eine Spannung induziert, die der anliegenden Batteriespannung entgegenwirkt (Einschaltinduktion). Dies hat zur Folge, dass während des Magnetfeldaufbaus die Batteriespannung durch die induzierte Spannung in ihrer Wirkung verringert wird. Die damit kleinere effektiv wirksame Spannung lässt nur einen verringerten Stromfluss zu. Das Magnetfeld wird dadurch verzögert aufgebaut.



Ist der Magnetfeldaufbau zum Zeitpunkt t_{MA} beendet und die Magnetfeldänderung damit Null, wirkt keine Gegeninduktion mehr. Der Stromfluss wird jetzt nur durch den ohmschen Widerstand der Spule und durch die anliegende Batteriespannung bestimmt.

Abbau des Magnetfeldes

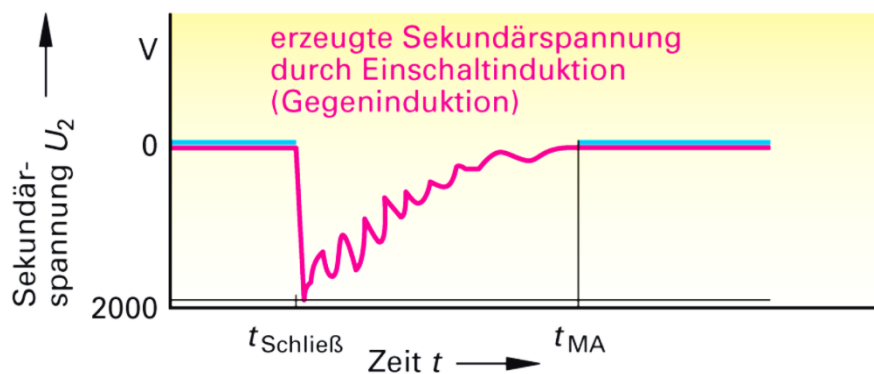
Durch Öffnen des Zündschalters zum Zeitpunkt $t_{\text{öffnen}}$ wird der Stromfluss im Primärstromkreis unterbrochen. Das in der Wicklung gespeicherte Magnetfeld bricht dabei schlagartig zusammen. Durch die grosse Magnetfeldänderung in sehr kurzer Zeit wird eine hohe Spannung induziert. Je schneller dabei der Magnetfeldabbau geschieht, desto höher ist die induzierte Spannung. Je nach Art und Auslegung der Zündspule kann sie bis zu 400 V betragen.



Die im Primärkreis beschriebenen Vorgänge werden auf den Sekundärkreis transformiert. Die Zündspule ist so ausgelegt, dass sie, abgesehen von inneren Verlusten, die Spannung im Sekundärkreis in gleichem Masse verstärkt, wie sie die Stromstärke verringert.

Magnetfeldaufbau beim Schliessen des Primärstromkreises

Durch die primärseitig wirkende Gegeninduktionsspannung wird in der Sekundärwicklung eine Spannung erzeugt, die entsprechend dem Übersetzungsverhältnis der Wicklungen verstärkt wird. Bei einem Übersetzungsverhältnis von z.B. $n = 150$ und $U_{\text{Bat}} = 13,5 \text{ V}$ kann damit die Sekundärspannung Werte von bis zu 2000 V erreichen.

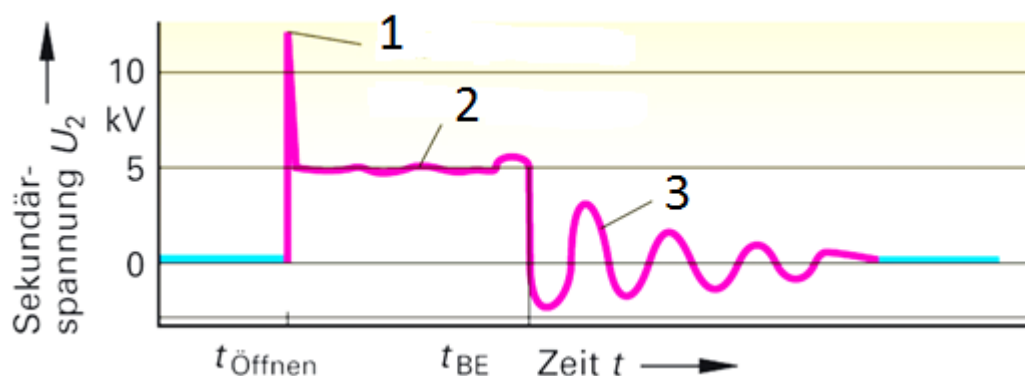


Magnetfeldabbau (unterbrechen des Primärstromkreises)

Durch das sehr schnell zusammenbrechende Magnetfeld entsteht eine hohe Induktionsspannung. Diese wird durch die als Transformator wirkende Zündspule auf das dem Übersetzungsverhältnis n entsprechende erhöht. Dabei können Werte von bis zu 40 000 V erreicht werden.

Die erzeugte Hochspannung ionisiert die Gaswolke zwischen den Elektroden der Zündkerze. Die bisher als Isolator wirkenden Gasmoleküle werden zumindest teilweise elektrisch leitend. Ein Funke springt über.

Dadurch wird der Stromkreis über den Verteiler, die Wicklungen der Zündspule und die Batterie geschlossen. Es fließt ein Strom. Die durch den Funkenüberschlag frei werdende Energie entzündet das im Luftspalt befindliche Gemisch. Durch die vorherige Ionisierung sinkt die Spannung während des Funkenüberschlags (Brennspannung) gegenüber der Überschlagsspannung (Zündspannung). Nach ca. 1 bis 2,5 ms ist die in der Zündspule gespeicherte Energie so weit abgebaut, dass der Zündfunke zum Zeitpunkt t_{BE} abreisst. Die noch in der Zündspule vorhandene Restenergie baut sich in Form gedämpfter Schwingungen ab (Ausschwingvorgang).



1	Zündspannung
2	Brennspannung
3	Ausschwingvorgang



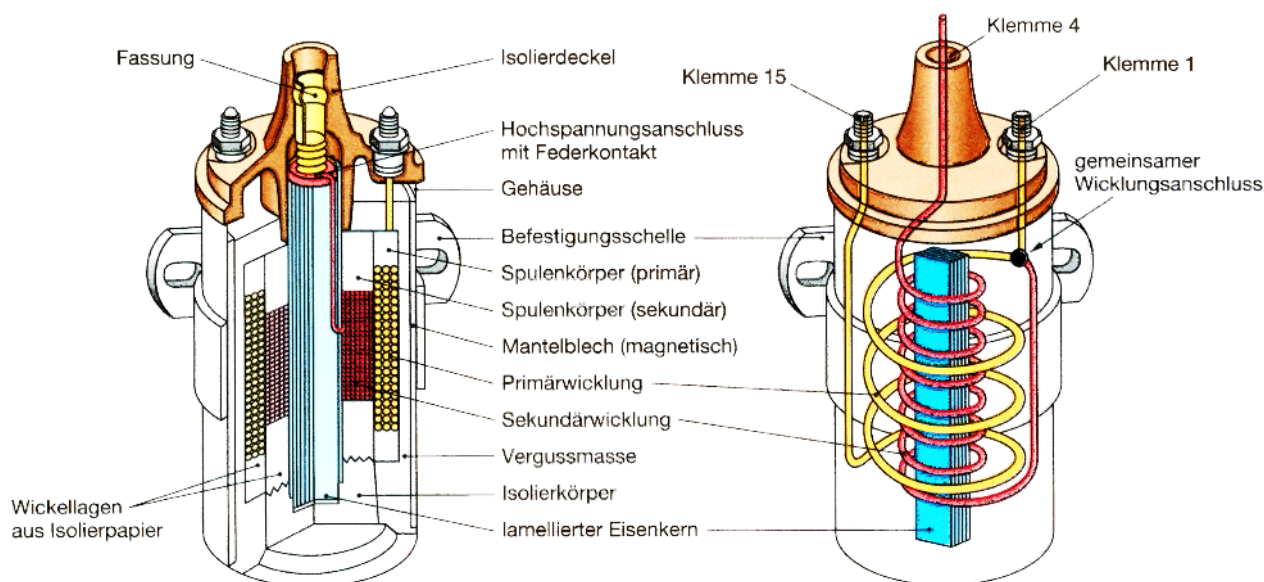
Bauteile

Zündspule

Aufgabe

Die für den Funkenüberschlag notwendige Zündenergie zu speichern und die Zündspannung zu erzeugen.

Zylinderzündspule



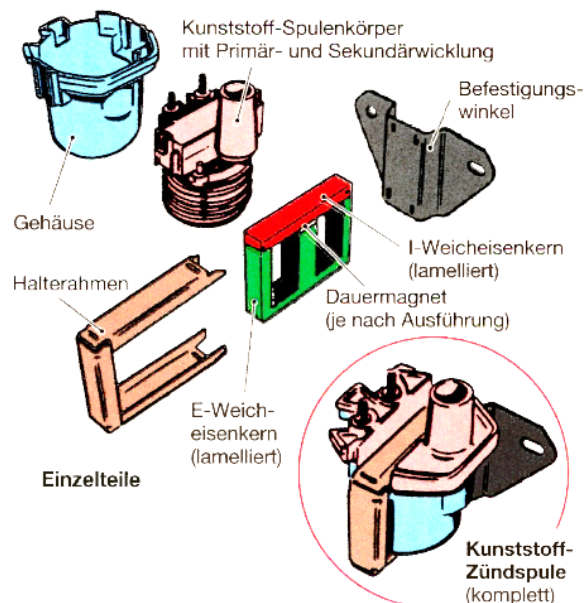
Durch das Fließen des Primärstromes wird um die Primärwicklung ein Magnetfeld aufgebaut. Die im Magnetfeld gespeicherte magnetische Energie stellt die Zündenergie der Zündspule dar. Diese wird im Zündzeitpunkt in Form des Zündfunken freigesetzt.

Auf dem aus Blechen zusammengesetzten Eisenkern befindet sich die Sekundärwicklung und darüber die Primärwicklung. Je nach Ausführung der Zündspule hat die Primärwicklung 100 bis 500 Windungen und die Sekundärwicklung etwa 15 000 bis 30 000 Windungen.

Primär- und Sekundärwicklung haben einen gemeinsamen Wicklungsanschluss, der die Klemme 1 der Zündspule. Die Widerstandswerte der Zündspulen betragen, je nach Ausführungsart, für die Primärwicklung 0,4 bis 0,8 und für die Sekundärwicklung 6 bis 10 kOhm. Die Primärstromstärken haben Werte zwischen 8 und 12 A und können während des Startens des Motors bis auf 20 A ansteigen.

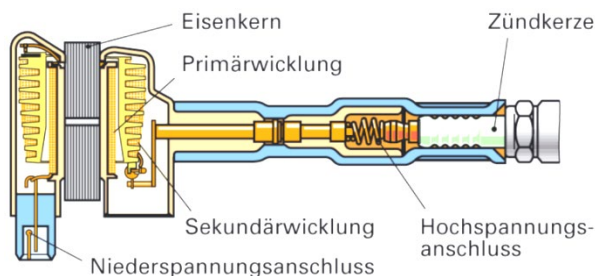
Kunststoff-Zündspule

Die Abbildung rechts zeigt eine andere Zündspulen-Bauform, die als Kunststoff-Zündspule bezeichnet wird. Ihr Hauptmerkmal ist der in und um den Kunststoff-Spulenkörper angeordnete Eisenkern. Einige Ausführungen haben einen im Eisenkern vorhandenen Dauermagneten. Dieser soll den Abbau des Magnetfeldes der Primärwicklung beschleunigen. Dadurch wird sekundärseitig eine höhere Zündspannung erzeugt.



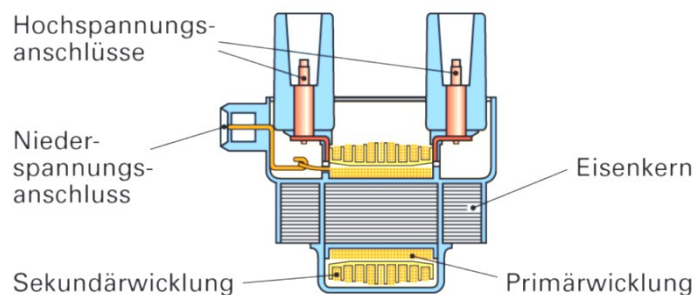
Einzelfunkenzündspulen

Jeder einzelne Zylinder hat seine eigene Zündspule mit Primär- und Sekundärwicklung. Die Spulen werden meist direkt auf die Zündkerze aufgesetzt. Die Auslösung des Zündfunken erfolgt niederspannungsseitig durch ein Leistungsmodul mit Verteilerlogik. Dieses schaltet auf Grund des Bezugsmarkensignals von Kurbelwelle und Nockenwelle das eindeutig angibt, welcher Zylinder bei Zünd-OT steht, den Primärstrom der betreffenden Zündspule.



Doppelfunkenzündspulen

Sie können nur bei Motoren mit gerader Zylinderzahl verwendet werden. Jeweils zwei Zündkerzen werden von ihnen mit Hochspannung versorgt.



Zündschaltgerät

Aufgabe

Das Zündsteuergerät hat die Aufgabe, den Primärstrom einzuschalten und im Zündzeitpunkt auszuschalten.

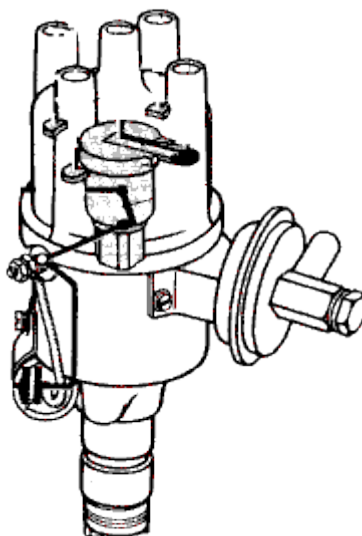
Das Zündsteuergerät enthält eine Transistorschaltung. Diese muss zum Schalten angesteuert werden. Die Ansteuerung wird vom Zündimpulsgeber, z. B. Induktivgeber oder Hallsensor ausgelöst.

Zündverteiler

Aufgabe

Die Zündspannung entsprechend der Zündfolge des Motors an die Zündkerzen zu leiten. Das Gebersystem für die Zündauslösung ist meistens im Zündverteiler untergebracht.

Der Verteilerläufer, der Zündimpulsgeber und der Zündversteller (Unterdruck- und Fliehkraftversteller, sind im Zündverteiler zu einer Baueinheit zusammengefasst. In der Verteilerkappe sind die Fassungen für die Zündleitungen angebracht. Die mittlere Fassung nimmt die Leitung von der Zündspule (Klemme 4) auf. Die Zündspannung wird über eine gefederte Schleifkohle dem Verteilerläufer zugeführt und über die Läuferelektrode auf die Festelektroden in Form eines Funkens übertragen. Von diesen gelangt die Zündspannung über die Zündleitungen zu den Zündkerzen. Die Verteilerwelle wird von der Kurbel- oder Nockenwelle angetrieben



Zündimpulsgeber

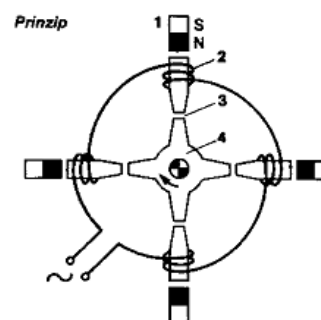
Aufgabe

Steuerung des Primärstromes. Damit der Primärstrom zum richtigen Zeitpunkt unterbrochen werden kann, um in der Sekundärspule eine Spannung zu induzieren.

Arten

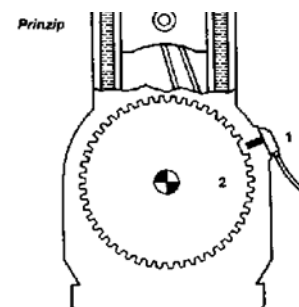
Induktivgeber im Zündverteiler

Spule und Dauermagnet stehen still. Der Eisenkern (Rotor) dreht sich und ändert den magnetischen Fluss in der Spule, wodurch in ihr eine Spannung induziert wird. Der Induktivgeber hat nur zwei Anschlusskabel. Er erzeugt eine Wechselspannung.



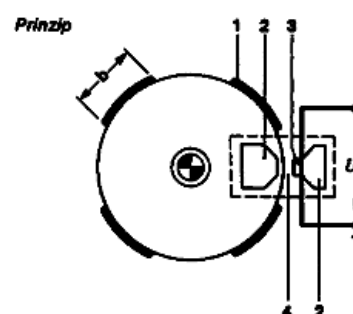
Induktivgeber am Schwungrad

Spule und Dauermagnet liegen im Geber. Der Eisenkern (Schwungrad) dreht sich. In der Spule entsteht eine Wechselspannung. Bei der Zahnücke entsteht eine grosse Flussänderung, was ein grösseres Signal ergibt. Das ist die Bezugsmarke.



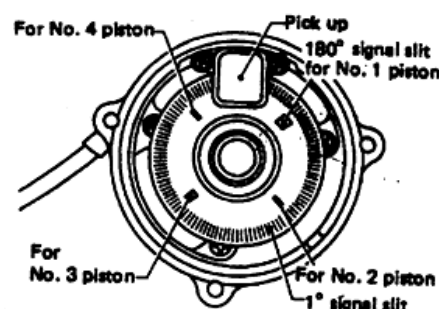
Hallgeber im Zündverteiler

Die Kraftlinien vom Dauermagnet überwinden den Luftspalt und erzeugen eine Hallspannung, welche in einem IC verstärkt wird. Wenn die Blende in den Luftspalt tritt, werden die Kraftlinien abgeschirmt, wodurch die Hallspannung kleiner wird. Der Hallgeber braucht eine Versorgungsspannung. Sein Signal ist eine Gleichspannung. Er braucht min. 3 Kabel.



Optogeber im Zündverteiler

Der Optogeber enthält zwei Lichtschranken, welche eine Gleichspannung abgeben. Die äussere Lichtschranke gibt ein Drehzahlsignal ab, die innere erzeugt das Bezugsmarkensignal und die Zylindererkennung.



Induktivgeber

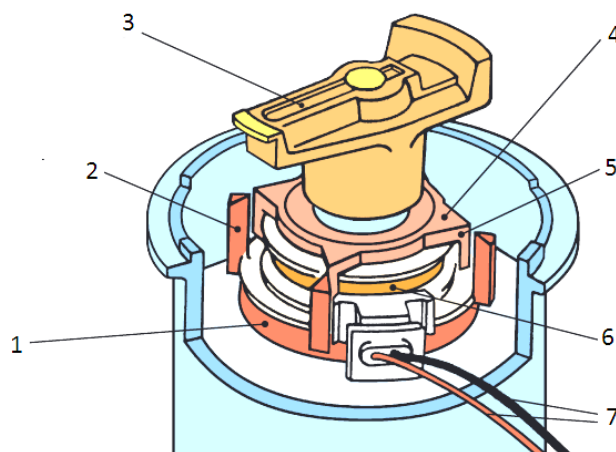
In der Transistor-Batteriezündanlage mit Induktivgeber, auch als Transistorspulenzündung mit Induktivgeber (TSZ-i bzw. TZ-i) bezeichnet, steuert der Induktivgeber die Transistorschaltung im Zündsteuergerät und damit das Ein- und Ausschalten des Primärstromes. Im Gegensatz zu einem mechanischen Schalter arbeitet der Induktivgeber berührungslos.



Das Impulsgeberrad weist so viele Rotorzacken auf, wie der Motor Zylinder hat.

Aufgabe:

Ergänzen Sie die untere Tabelle mit Hilfe des Fachbuches.

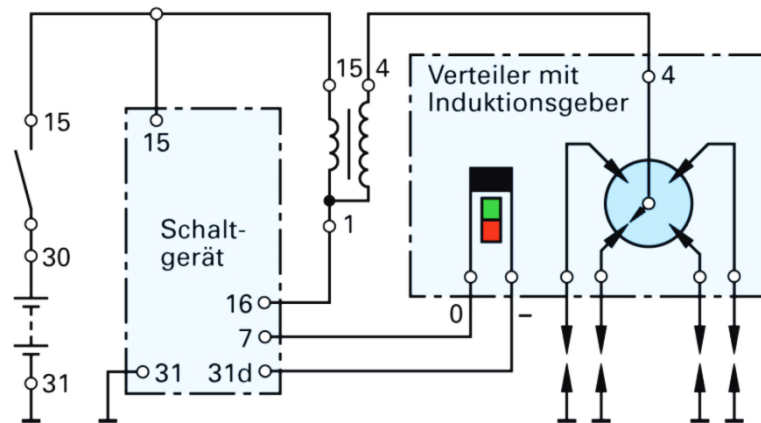


1	Stator
2	Statorzacken
3	Verteilerläufer mit Impulsrad
4	Rotor
5	Rotorzacken
6	Spulenträger
7	2 Anschlusskabel

Funktion

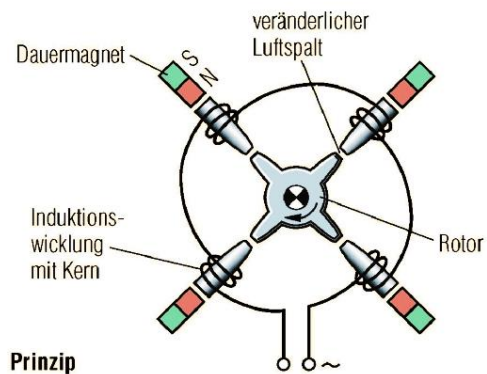
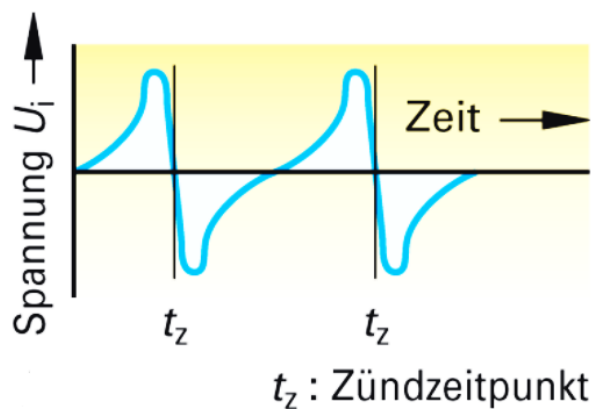
Das Funktionsprinzip besteht darin, dass sich der Luftspalt zwischen Rotorzacken (5) und Statorzacken (2) beim Drehen des Impulsrades (3) periodisch ändert. Die Magnetflussänderung induziert (erzeugt) in der Induktionswicklung (6) eine Wechselspannung, je nach Drehzahl bis zu 100 V.

Schemabild

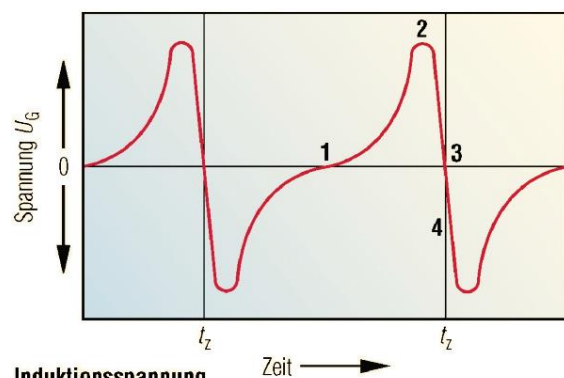


Das vom Geber erzeugte Signal wird über die Klemmen 0 und - an die Klemmen 7 und 31d am Schaltgerät übertragen und zur Ansteuerung des Transistors verwendet.

Induktivsignal



Prinzip



Induktionsspannung

- 1 Rotorzacken genau zwischen den Statorzacken, Magnetfeldänderung sehr gering
- 2 Rotorzacken sehr kurz vor den Statorzacken, Magnetfeldänderung sehr groß
- 3 Rotorzacken genau gegenüber den Statorzacken, keine Magnetfeldänderung
- 4 Rotorzacken wandern aus dem Bereich der Statorzacken heraus, schneller Magnetfeldabbau ergibt Umpolung



Die Zündauslösung findet statt, wenn sich Rotorzacken und Statorzacken gegenüber stehen.

Hallgeber

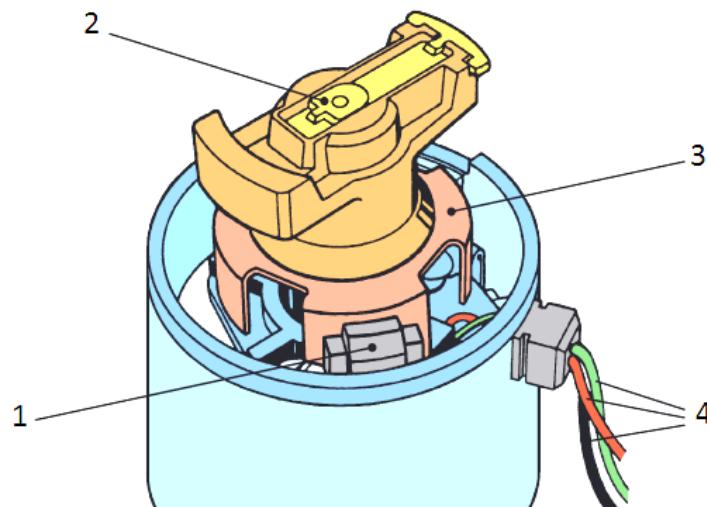
In der Transistor-Batteriezündanlage mit Hallsensor, auch als Transistorspulenzündung mit Hallsensor bezeichnet (TSZ-H bzw. TZ-H), steuert der Hallsensor die Transistorschaltung im Zündsteuergerät und damit das Ein- und Ausschalten des Primärstromes. Im Gegensatz zu einem mechanischen Schalter arbeitet der Hallsensor berührungslos.



Die Anzahl der Blenden des Blendenrotors entspricht der Zylinderzahl des Motors.

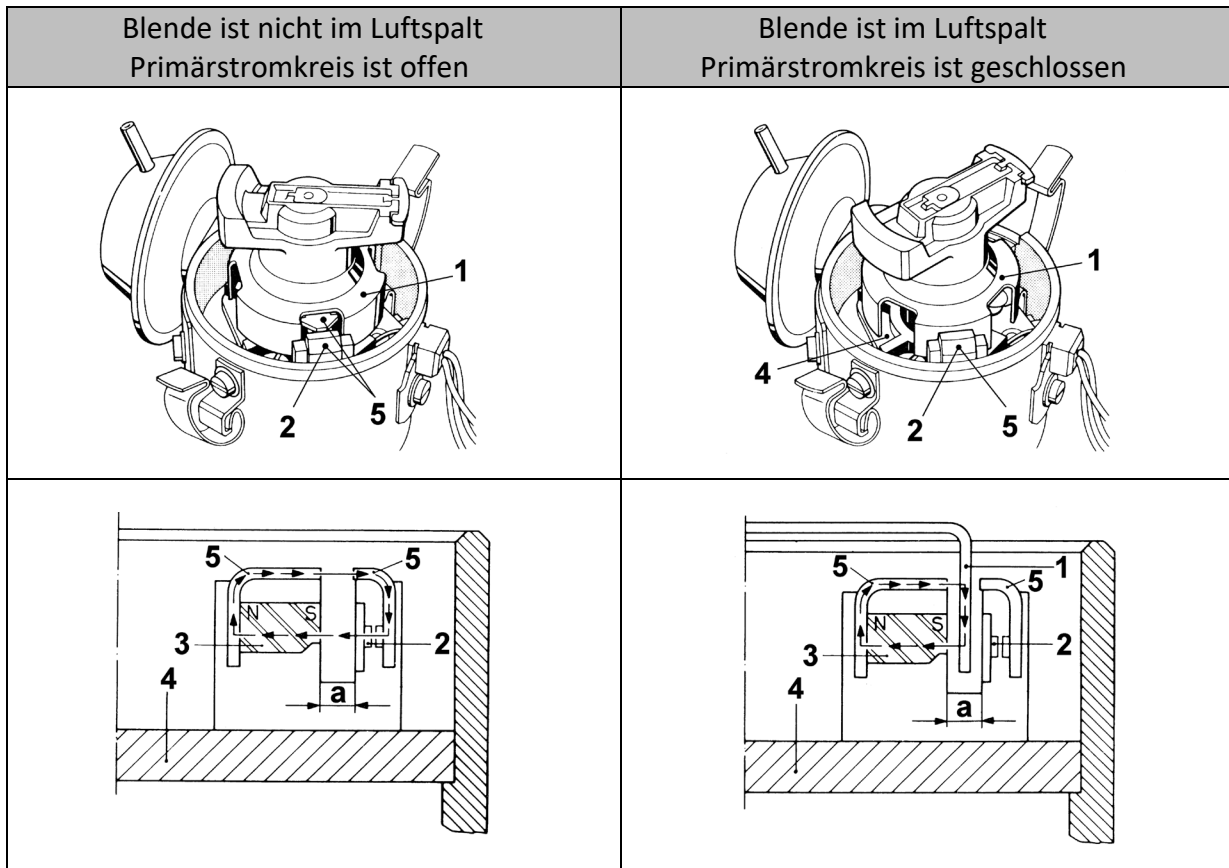
Aufgabe:

Ergänzen Sie die untere Tabelle mit Hilfe des Fachbuches.



1	Hallgeber
2	Verteilerläufer (Rotor)
3	Blendenrotor
4	3 Anschlüsse

Funktion

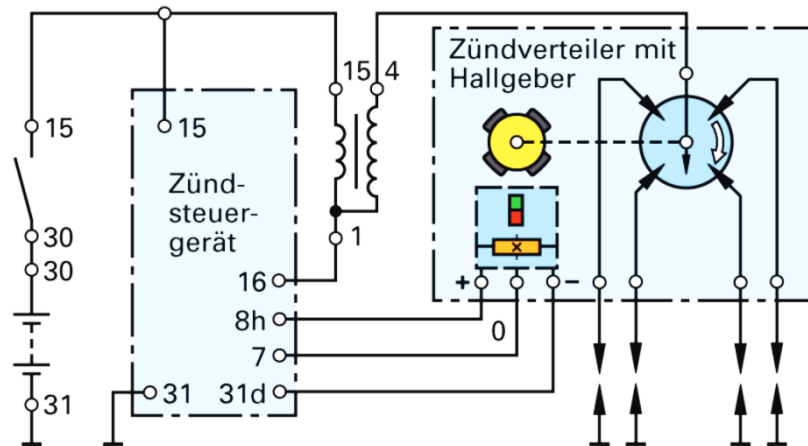


1	Blende	2	Hall-IC
3	Dauermagnet	4	Kunststoffträger
5	Leitblech	a	Luftspalt

Entstehung des Zündzeitpunktes

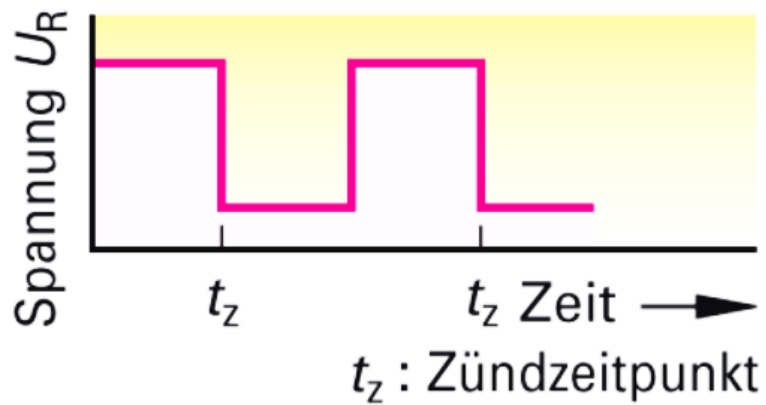
Blende	Geberspannung (U_G)	Primär-Endstufe	Primärstrom
Nicht im Luftspalt	Minimum	Ist ausgeschaltet	Fliest nicht
Läuft in den Luftspalt	Steigt sprunghaft an	Schaltet ein	Fängt an zu fliesen
Im Luftspalt	Maximum	Ist eingeschaltet	Fliest
Verlässt den Luftspalt	Sinkt sprunghaft	Schaltet aus (Zündzeitpunkt)	Hört auf zu fliesen

Schemabild



Der Geber ist über die Klemmen 0, + und - mit den Motorsteuergerät Klemmen 7, 8h und 31d des Schaltgerätes verbunden.

Hallsignal

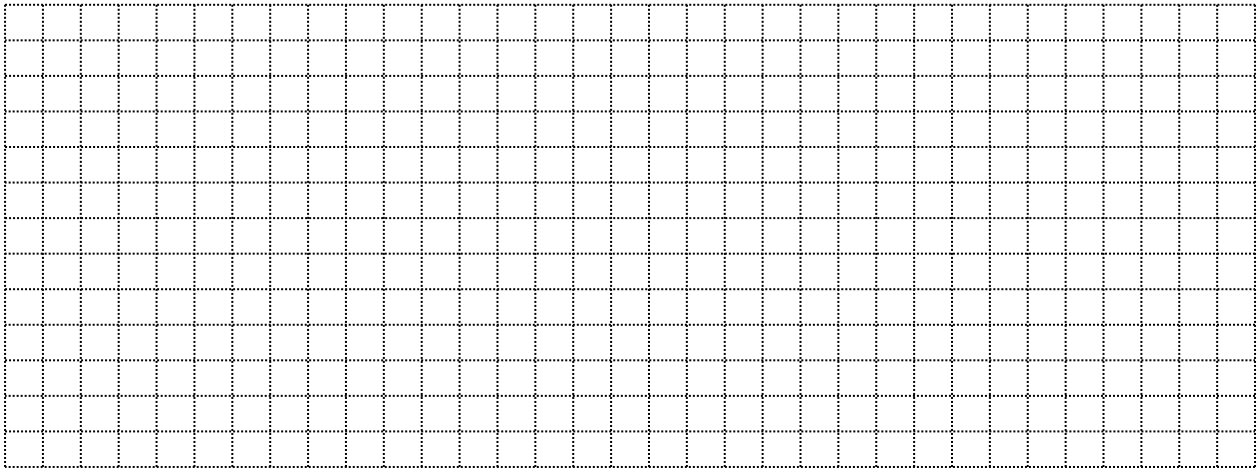


Die Zündauslösung findet statt, wenn die Blende den Luftspalt verlässt.

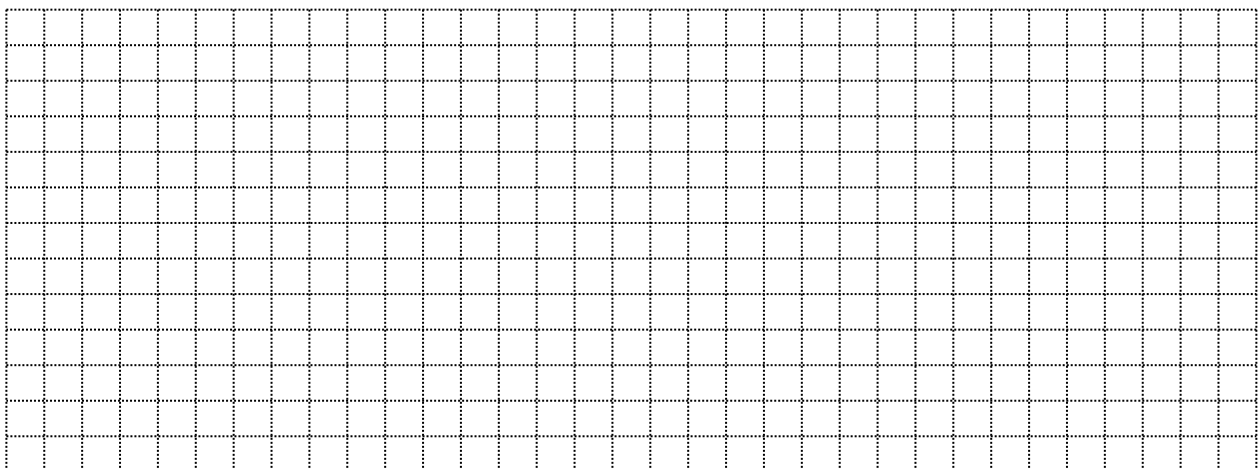
Aufgabe:

Zeichnen Sie die Signale der beiden Geberarten auf. Achten Sie auf die Stromart und auf die Polarität der Spannung.

Induktivgebersignal



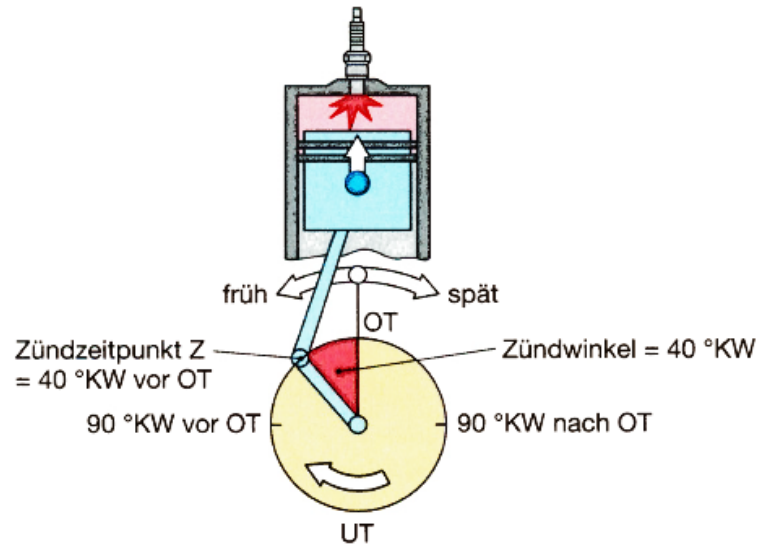
Hallgebersignal



Zündwinkel

Der Zündzeitpunkt (Z) wird in Kurbelwellenwinkelgraden ($^{\circ}$ KW) im Abstand zum oberen Totpunkt (OT) angegeben.

Liegt der Zündzeitpunkt vor OT, wird dies als **Frühzündung**, liegt er nach OT, als **Spätzündung** bezeichnet.



Der Winkel zwischen Zündzeitpunkt und oberem Totpunkt ist der Zündwinkel. Der Zündwinkel wird auch als Zündzeitpunkt bezeichnet und wird in Grad Kurbelwelle angegeben.

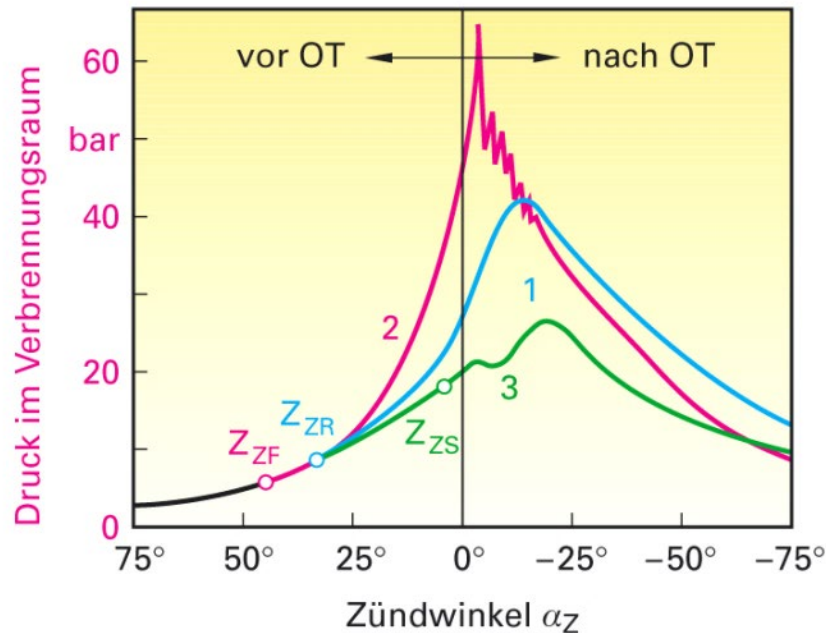
Messung des Zündzeitpunkts

Der Zündzeitpunkt kann mit Hilfe einer Stroboskoplampe (Blitzlichtlampe) sichtbar gemacht werden. Dazu wird die Zündspannung kapazitiv oder induktiv von der Zündanlage abgegriffen und genau beim Zündzeitpunkt ein Blitz erzeugt. Die Pleuellagermitte erscheint dem Betrachter stillzustehen; der Zündwinkel kann an der Verschiebung der OT Markierung abgelesen werden.



Druckverlauf in Abhängigkeit vom Zündzeitpunkt

- 1 Zündzeitpunkt Z_{ZR} im richtigen Zeitpunkt
- 2 Zündzeitpunkt Z_{ZF} zu früh (klopfende Verbrennung)
- 3 Zündzeitpunkt Z_{ZS} zu spät



Zündzeitpunkt Früh

Bei zu frühem Zündzeitpunkt entstehen unkontrollierte Verbrennungsvorgänge mit hohen Druck- und Temperaturspitzen. Dabei kann eine klopfende Verbrennung durch Selbstentzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches auftreten. Diese kann zur Zerstörung des Motors führen, zumindest aber zu starkem Leistungsverlust und verschlechterten Abgaswerten.

Zündzeitpunkt Spät

Bei zu spätem Zündzeitpunkt hat sich der Kolben bereits von OT nach UT bewegt, bevor das Kraftstoff-Luft-Gemisch verbrannt ist. Der Brennraum ist vergrößert, wodurch der auf den Kolben wirkende Druck und die dadurch entstehende Kolbenkraft klein sind. Deshalb wird der Kolben nur noch schwach und kurzzeitig auf seinem Restweg nach UT beschleunigt. Die Folgen sind Leistungsverlust, erhöhter Kraftstoffverbrauch, erhöhte Abgaswerte und eine verstärkte thermische Belastung des Motors. Somit ist es wichtig, den optimalen Zündzeitpunkt genau einzuhalten.

Bei verschiedenen Lastzuständen ändert sich aber der optimale Zündzeitpunkt. Ebenso muss bei zunehmender Drehzahl immer früher gezündet werden, da der Zündwinkel immer schneller durchlaufen wird, die Brenndauer aber nahezu gleich bleibt. Aus diesen Gründen muss der Zündzeitpunkt an Last und Drehzahl angepasst werden.

Zündzeitpunktverstellung

Die Zündung des Gemisches muss so erfolgen, dass der Verbrennungshöchstdruck kurz (10 °KW bis 20 °KW) nach OT entsteht.

Zwischen dem Auslösen der Zündung und dem Durchbrennen eines stöchiometrischen Kraftstoff-Luft- Gemisches ($\lambda = 1$) und somit dem Erreichen des Verbrennungshöchstdruckes liegt eine Zeitspanne von 1 ms bis 2 ms. Diese Zeitdauer ist bei konstanter Füllung immer gleich gross. Da sich der Kolben in dieser Zeitspanne in Richtung OT bewegt, muss bereits vor OT gezündet werden, damit der Verbrennungshöchstdruck schon kurz nach OT den Kolben erreicht. Je früher dabei gezündet wird, desto höher ist die abgegebene Leistung des Motors.

Die Verstellung des Zündzeitpunkts ist erforderlich, damit der Motor in Bezug auf seinen jeweiligen Betriebszustand möglichst die grösste Leistung, den geringsten Kraftstoffverbrauch und einen geringen Schadstoffanteil im Abgas hat. Da der Betriebszustand des Motors, gerade im Stadtverkehr, dauernd geändert wird, muss auch der Zündzeitpunkt ständig verstellt werden.

Entscheidend für die Verstellung des Zündzeitpunkts ist die Bedingung, dass der höchste Verbrennungsdruck immer dann erreicht werden soll, wenn der Kolben sich kurz nach OT befindet.

Die Zeit für die Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches bei Vollast des Motors bleibt über den gesamten Drehzahlbereich etwa gleich (2 Millisekunden).

Der Kolben legt in dieser Zeit mit steigender Drehzahl des Motors (höhere Kolbengeschwindigkeit) eine immer längere Wegstrecke zurück. Ohne gleichzeitige Zündzeitpunktverstellung in Richtung "früh" würde der mögliche höchste Verbrennungsdruck erst erreicht werden, wenn der Kolben weit vom OT entfernt ist.

Eine zu grosse Zündzeitpunktverstellung in Richtung "früh" kann eine klopfende Verbrennung bewirken. Der höchste Verbrennungsdruck wird dann vor dem OT erreicht. Dies führt zu Schäden am Kurbeltrieb des Motors. Im Teillastbereich verbrennt das Gemisch langsamer (schlechtere Füllung). Deshalb muss im Teillastbereich der Zündzeitpunkt zusätzlich in Richtung "früh" verstellt werden.

Die Zündzeitpunktverstellung erfolgt in Abhängigkeit von Drehzahl und Motorlast

Mechanische Zündzeitpunktverstellung

Die mechanische drehzahl- und lastabhängige Zündzeitpunktverstellung wird von selbsttätig arbeitenden Zündverstellern übernommen. Dies sind der Fliehkraft- und der Unterdruckversteller.

Aufgabe

Die Zündversteller haben die Aufgabe, den Zündzeitpunkt und damit den Zündwinkel zu verstellen.

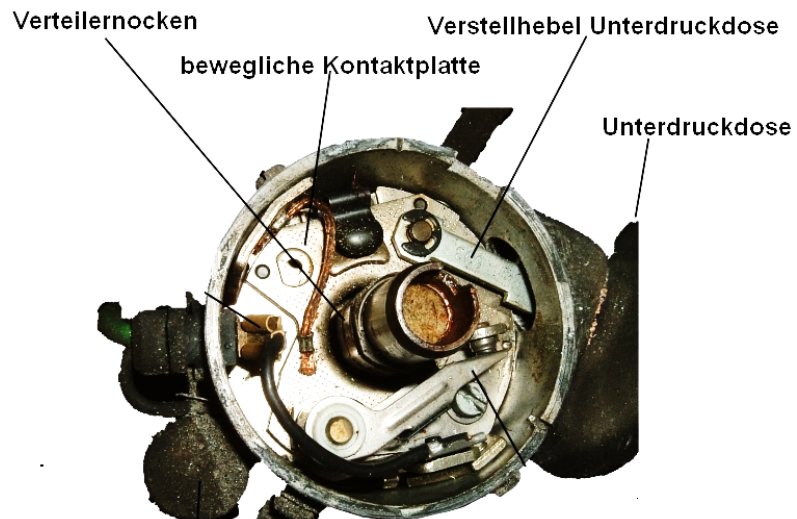
Arten

- **Fliehkraftverstellung**
- **Unterdruckverstellung**

Fliehkraftverstellung



Unterdruckverstellung



Fliehkraftverstellung

Grund

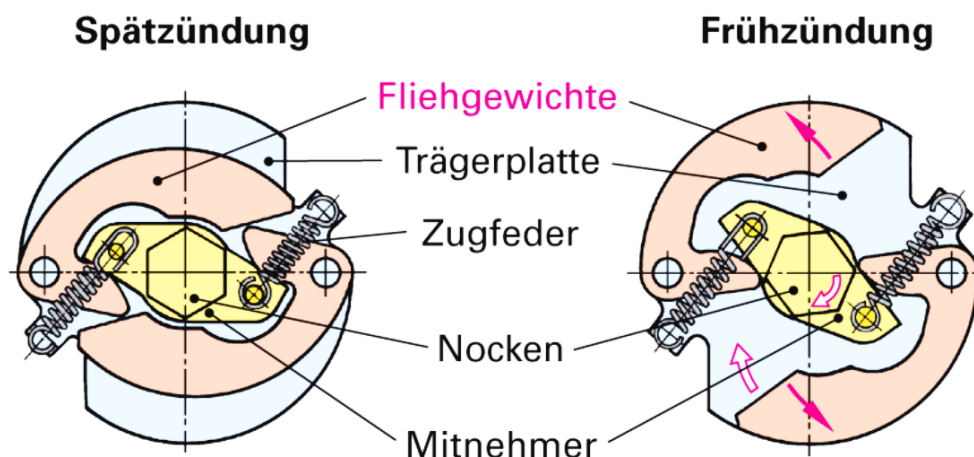
Da mit steigender Drehzahl die Kolbengeschwindigkeit zunimmt und immer weniger Zeit für die Verbrennung zur Verfügung steht. Muss der Zündzeitpunkt in Richtung früh verstellt werden.

Funktion

Auf der Zündverteilerwelle sitzt eine Hohlwelle mit einem Mitnehmer. Die Hohlwelle ist beweglich auf der Zündverteilerwelle angeordnet und kann auf dieser verdreht werden. Über den Mitnehmer und die Zugfedern ist die Hohlwelle mit der Grundplatte des Fliehkraftverstellers verbunden. Die Trägerplatte ist an der Zündverteilerwelle befestigt. Mit steigender Drehzahl der Zündverteilerwelle werden die Fliehkewichte nach aussen gedrückt und verdrehen über die Abwälzbahn entgegen der Federkraft der Zugfedern den Mitnehmer und damit die Hohlwelle.

Die Hohlwelle und die auf ihr sitzenden Teile des Zündimpulsgebers, z. B. das Impulsgeberrad des Induktivgebers bzw. der Blendenrotor des Hallsensors, sowie der Zündverteilerläufer werden dadurch in Drehrichtung (in Richtung Frühzündung) der Zündverteilerwelle gedreht.

Der Fliehkraftversteller verstellt den Zündzeitpunkt in Abhängigkeit von der Motordrehzahl.



Unterdruckverstellung

Grund

Im Teillastbereich verbrennt das Gemisch aufgrund der schlechteren Füllung langsamer. Deshalb muss im Teillastbereich der Zündzeitpunkt zusätzlich in Richtung "früh" verstellt werden.

Funktion

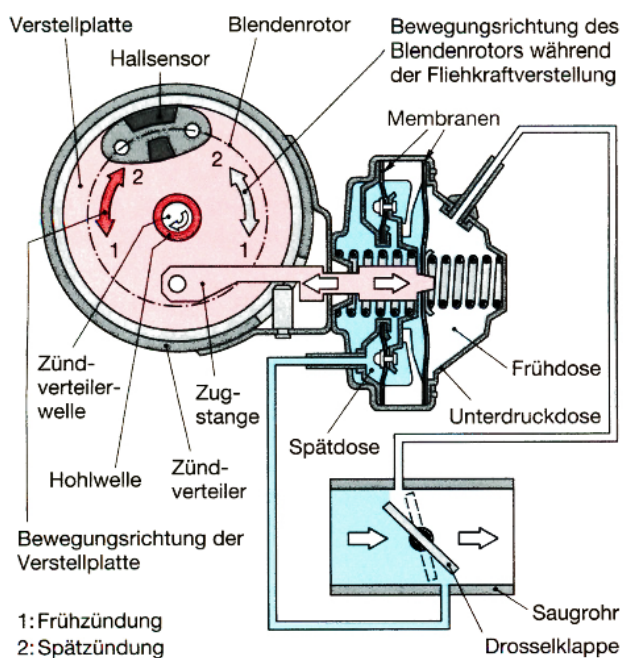
Teile des Zündimpulsgebers, z. B. die Polscheibe des Induktivgebers oder die Verstellplatte mit dem Hallsensor, sind um die Zündverteilerwelle drehbar befestigt. Beide sind über die Zugstange mit der Membrane der Unterdruckdose verbunden.

Der Schlauchanschluss der Unterdruckdose (Frühdose) liegt in Strömungsrichtung der Luft betrachtet am Saugrohr vor der Drosselklappe.

Dort herrscht im Teillastbetrieb ein hoher Unterdruck. Durch den Unterdruck in der Unterdruckdose wird die Membrane gegen die Federkraft verschoben.

Über die Zugstange wird die Polscheibe bzw. die Verstellplatte entgegen der Drehrichtung (in Richtung Frühzündung) der Zündverteilerwelle verdreht.

Der Unterdruckversteller verstellt den Zündzeitpunkt in Abhängigkeit vom Lastzustand des Motors.



Gemeinsam bewirken Unterdruck- und Fliehkraftverstellung eine Frühverstellung um bis zu 45°.

Elektronische Zündzeitpunktverstellung (Kennfeldzündung)

Durch die elektronische Zündzeitpunktverstellung wird jedem Betriebszustand des Motors der günstigste Zündzeitpunkt zugeordnet.

Im Gegensatz zu mechanischen Zündverstellungen, werden bei elektronischen Zündanlagen **EZ** und vollelektronischen Zündanlagen **VZ**, die optimalen Zündzeitpunkte in Abhängigkeit von Last und Drehzahl auf einem Prüfstand ermittelt und in einem Kennfeld im Steuergerät gespeichert.

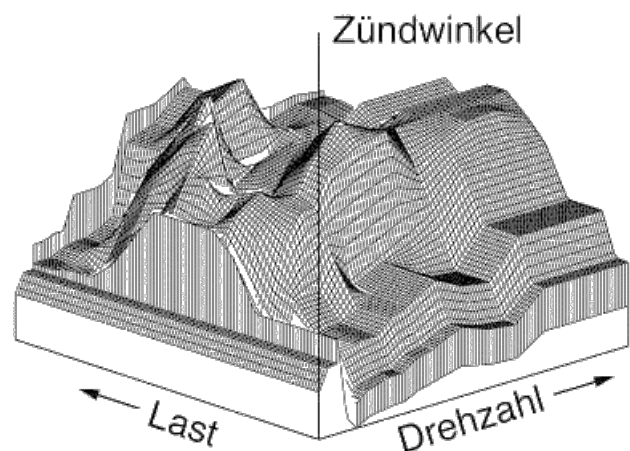
Bei modernen Motoren wird die Zündung nach dem EVA-Prinzip elektronisch verstellt. Dazu werden in einem Steuergerät Zündkennfelder gespeichert. Die Zündkennfelder werden auf dem Prüfstand durch Versuchsreihen ermittelt, wodurch den verschiedenen Betriebssituationen bestimmte Zündzeitpunkte zugeordnet werden. Hauptsteuergrößen sind Motordrehzahl und Motorlast; Motortemperatur, klopfende Verbrennung usw. sind Korrekturgrößen. So wird der Motor z.B. bei einer Last von 30% auf einer Drehzahl von 3000 n/min gehalten und dann der Zündzeitpunkt so verstellt, bis ein optimaler Kompromiss zwischen Leistung, Kraftstoffverbrauch, Abgasausstoss und Standfestigkeit des Motors erzielt wird. In der Regel sind die Steuergeräte für Kraftstoffeinspritzung und Zündung im Motorsteuergerät zusammengefasst.

Hauptsteuergrösse

- **Motordrehzahl**
- **Motorlast**

Korrekturgrössen

- **Motortemperatur**
- **Klopfende Verbrennung**



Aufbau

Das Zündsteuergerät erhält von einem Induktivgeber bzw. Hallsensor über eine Zahnscheibe auf der Kurbelwelle und/oder von einem Hallsensor im Hochspannungsverteiler Signale über die Drehzahl und die Kurbelwellenstellung.

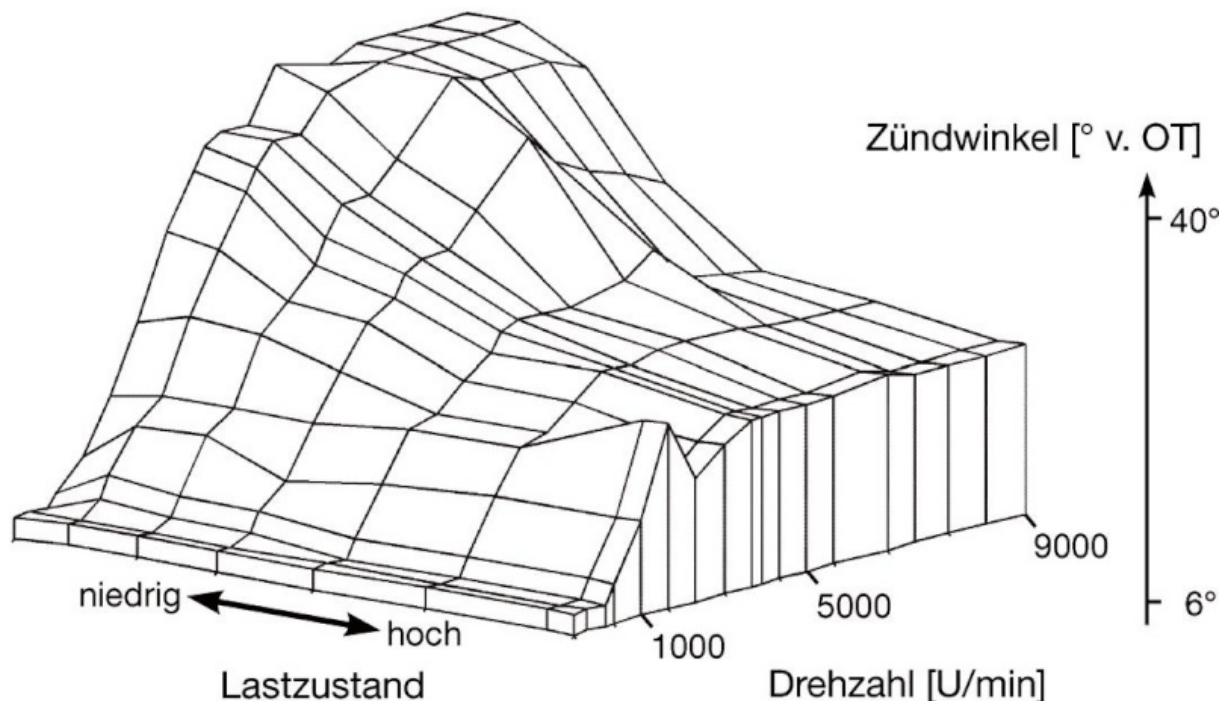
Das Lastsignal (Saugrohrdruck) wird dem Zündsteuergerät durch einen Schlauch zugeführt. Bei Motoren mit elektronischer Benzineinspritzung kann das für die Gemischaufbereitung verwendete Lastsignal (Luftmassenmesser) auch für die Bestimmung des Zündwinkels verwendet werden.

Der Drosselklappenschalter liefert das Leerlauf- bzw. Volllastsignal. Ein statt des Drosselklappenschalters verwendetes Drosselklappenpotenziometer kann auch für die Bestimmung des Lastsignals benutzt werden.

Die Motortemperatur und evtl. auch die Ansauglufttemperatur werden von entsprechenden Temperatursensoren als elektrische Spannungssignale geliefert.

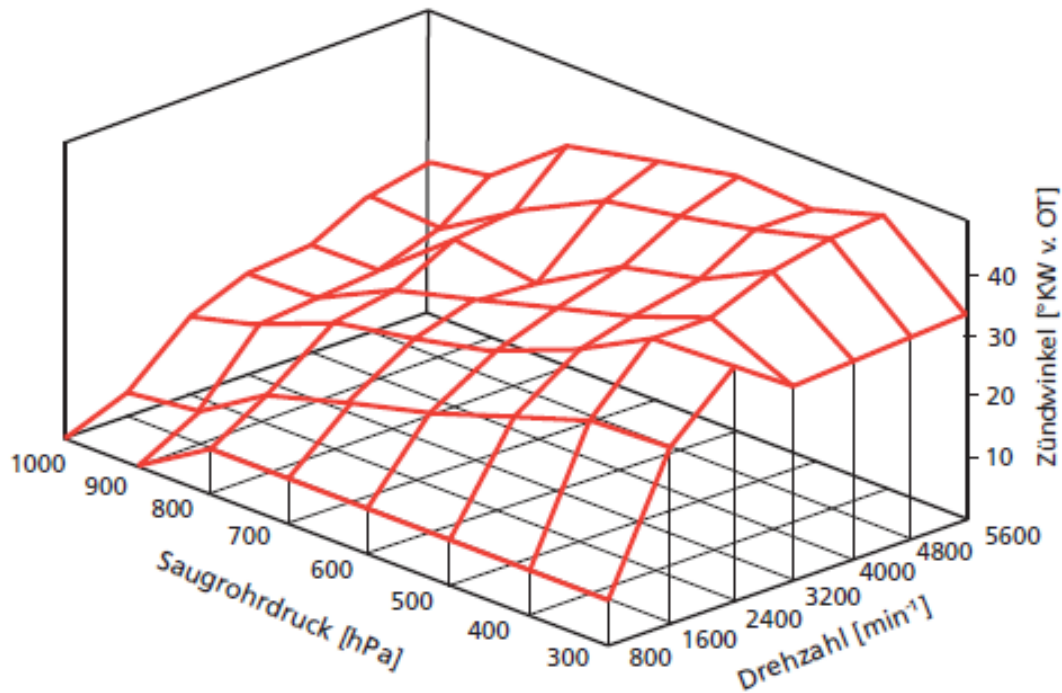
Die Bordnetzspannung wird vom Steuergerät direkt erfasst.

Im Steuergerät werden bis zu 20000 mal in der Minute die Signale der Sensoren verarbeitet und Werte für den Zündwinkel, den Schliesswinkel bzw. die Schliesszeit berechnet.



Aufgabe:

Beantworten Sie folgende Fragen zum Zündkennfeld.



1. Der Saugrohrdruck ist angegeben als?

- Absolutdruck
 Negativer Überdruck
 Überdruck

2. Wie gross ist der Zündwinkel bei Volllast und 2'400 min⁻¹?

12°

3. Welcher Betriebszustand ergibt die grösste Zündverstellung?

n = 5600 min⁻¹

p = 400 hPa

4. Wie gross ist der Zündwinkel bei 0,6 bar Saugrohrdruck und höchster Drehzahl?

42°

5. Um wie viele Grad ändert der Zündwinkel bei einer Drehzahl von 1'600 min⁻¹ zwischen Volllast und Schiebebetrieb?

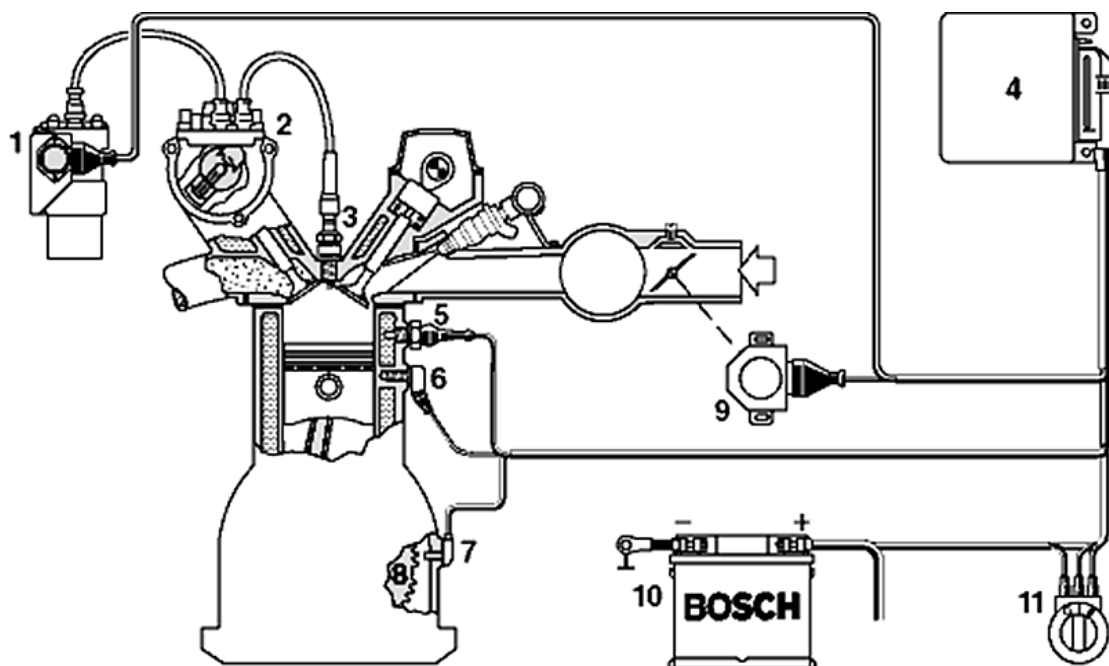
28° – 3° = 25°

Elektronische Zündung EZ

Die EZ hat ihre Bezeichnung, weil die Zündverstellung elektronisch erfolgt.

Der Fortschritt der EZ gegenüber der TZ liegt darin, dass die mechanische Zündverstellung, also Unterdruck- und Fliehkraftverstellung wegfallen und durch eine elektronische Zündverstellung ersetzt werden.

Durch die elektronische Zündverstellung ist eine Klopfregelung möglich. Die EZ hat noch einen Zündverteiler, dieser enthält jedoch nur noch eine starre Welle mit dem Rotor zur Verteilung der Hochspannung. Alle anderen Innereien und die Unterdruckdose entfallen. Die EZ arbeitet nach dem EVA-Prinzip, also digital.



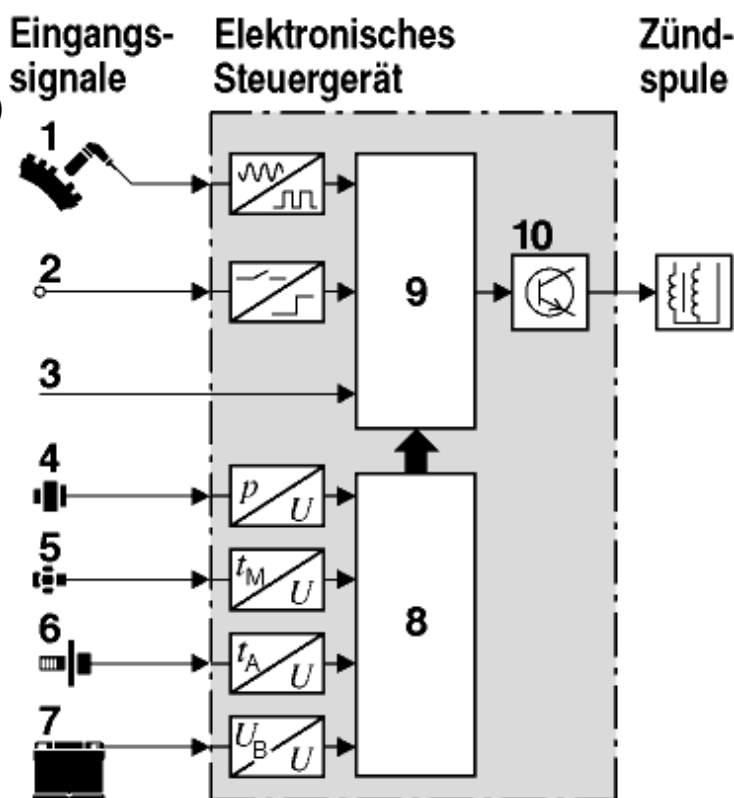
Aufgabe: Nennen Sie den Fachausdruck für die Bauteile 1 – 11.

1	Zündspule mit Endstufe
2	Zündverteiler (ohne mechanische Zündverstellung)
3	Zündkerze
4	Steuergerät
5	Kühlmitteltemperaturfühler
6	Klopfsensor
7	Drehzahl- und Bezugsmarkensensor
8	Geberzahnrad, Inkrementscheibe, Impulsrad
9	Drosselklappenschalter oder Drosselklappenpotentiometer
10	Batterie
11	Zündschalter

Funktion EZ

Der Zündimpuls erfolgt nicht mehr durch einen Geber im Zündverteiler sondern durch einen Induktivgeber (1) an der Kurbelwelle. Als Impulsrad (1) kann das Schwungrad, eine Kurbelwellenriemenscheibe mit Zähnen oder ein separates Impulsrad auf der KW, innerhalb des Motorgehäuses verwendet werden.

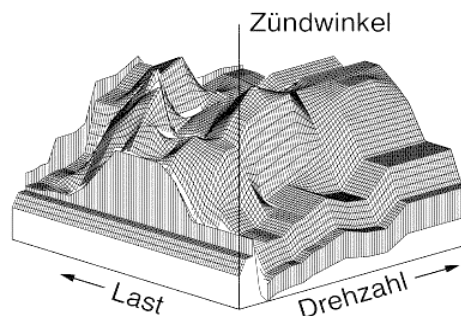
Der Induktivgeber (1) gibt ein Drehzahlsignal und einmal pro Kurbelwellenumdrehung ein Bezugsmarkensignal ab, von welchem aus der OT des ersten und der restlichen Zylinder berechnet wird. Zur Zündauslösung würde dies ausreichen.



Zur elektronischen Zündverstellung sind jedoch mehr Eingangssignale (1-7) nötig. Elektronische Zündverstellung bedeutet, dass im Steuergerät für bestimmte Betriebssituationen entsprechende Zündzeitpunkte gespeichert sind. Diese gespeicherten Zündzeitpunkte nennt man Zündkennfeld (11).

Bereits beim Motorstart und während dem der Motor läuft, werden als Hauptgrößen Motordrehzahl (1) und Motorlast (4) und als Korrekturgrößen Kühlmitteltemperatur (5), Drosselklappenstellung (2), Batteriespannung (7) und eventuell das Klopfsignal vom Steuergerät ausgewertet und dem entsprechend der richtige Zündzeitpunkt gewählt. Das Steuergerät steuert dann die Endstufe (10) an, welche im richtigen Moment den Primärstrom unterbricht und so die Zündung auslöst.

Bei der EZ wird die Sekundärspannung wie bei der TZ verteilt, das heisst, sie gelangt über das Mittelkabel zum Zündverteiler und von dort über den Rotor zu den einzelnen Kerzenkabeln und den Zündkerzen.



11 Zündkennfeld (im

Bei der EZ ist oft eine Klopfregelung integriert. Die Klopfregelung ist eine noch genauere Anpassung des Zündzeitpunktes.

Klopfende Verbrennung

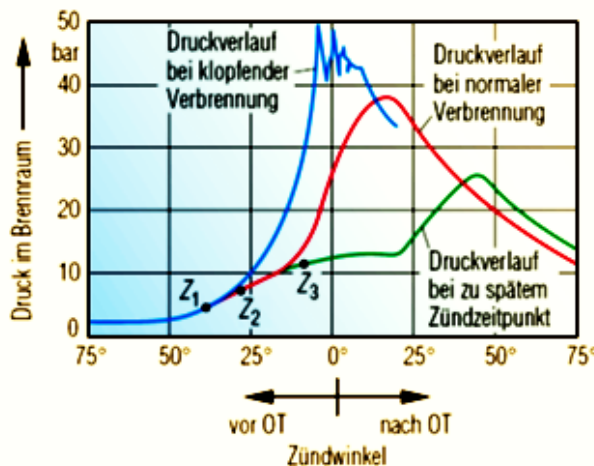
Von „Klopfen“ spricht man, wenn der Motor unter Last „klingelnde“ oder eben „klopfende“ Verbrennungs-Geräusche von sich gibt. Diese Geräusche entstehen durch zu hohe Drücke über dem Kolben im Arbeitstakt.

Ursache

- Zu frühen Zündzeitpunkt
- Kraftstoff mit zu geringer Oktanzahl
- Überhitzung des Motors
- Ein zu hohes Verdichtungsverhältnis
- Falsche Gemischzusammensetzung
- Überlastung des Motors

Zündwinkel ohne Klopfregelung

Wenn die oben erwähnten Rahmenbedingungen (Ursachen) im Sollbereich liegen, bleibt nur der Zündzeitpunkt als variable Grösse, welche das Klopfen beeinflusst. Je früher der Zündzeitpunkt, desto mehr Leistung und desto weniger Kraftstoffverbrauch hat der Motor. Wird die Zündung zu stark Richtung früh gestellt, entsteht klopfende Verbrennung. Die Zündzeitpunktkennlinie, bei welcher der Motor zu Klopfen beginnt, nennt man Klopfgrenze. Der optimale Zündzeitpunkt wäre also möglichst nahe an der Klopfgrenze. Trotz sehr genauer Verstellung des Zündzeitpunktes bei elektronischer Verstellung, muss aber immer einige Grad später als bei der Klopfgrenze gezündet werden, um eine gewisse Sicherheitstoleranz zu haben.



Zündwinkel mit Klopfregelung

Durch die Klopfregelung kann der Zündzeitpunkt immer an der Klopfgrenze erfolgen.

Vorteile

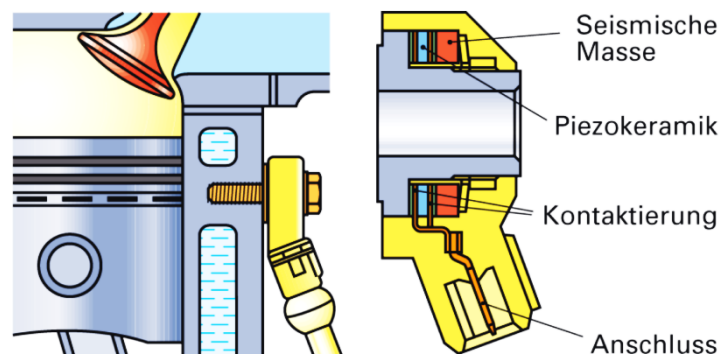
- Mehr Motordrehmoment und Leistung
- Weniger Kraftstoffverbrauch
- Anpassung an verschiedene Kraftstoffqualität

Klopfregelung

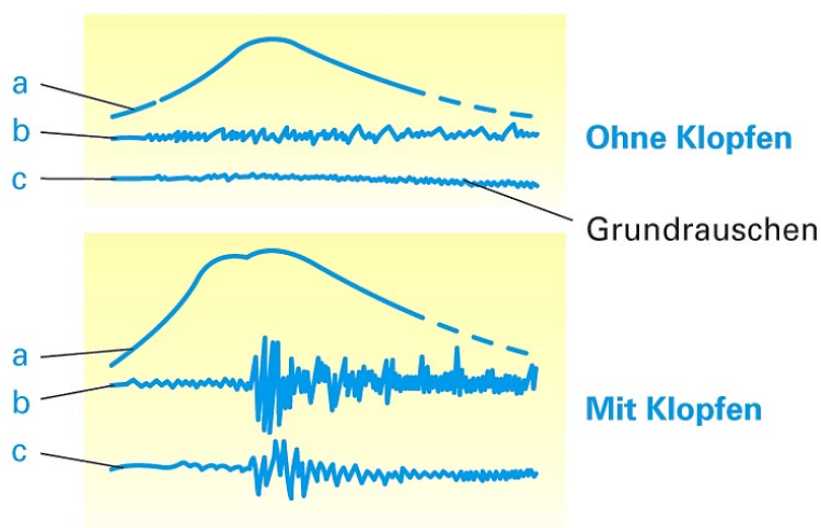
Tritt im Zylinder eine klopfende Verbrennung auf, entstehen starke Druckschwankungen im Brennraum, die den Motorblock in Schwingungen versetzen. Diese werden von einem am Motorblock befestigten Klopfsensor erfasst.

Die Piezokeramik des Sensors wird durch eine seismische (durch Schwingungen angeregte) Masse mit Druck beaufschlagt. Dadurch erzeugt der Piezokristall elektrische Spannungen, die der Auswerteschaltung übermittelt werden. Werden bestimmte Werte überschritten, wird dadurch eine klopfende Verbrennung signalisiert. Tritt eine klopfende Verbrennung mehrfach auf, wird der Zündzeitpunkt gegenüber dem Kennfeldwert um z.B. 3 °KW in Richtung spät verstellt.

Klopfsensor



Klopfensorsignale



a) Druckverlauf im Zylinder, b) Signal des Klopfensors,
 c) gefiltertes Drucksignal

Aufgabe:

Lesen Sie im Fachbuch auf der Seite 650 und 651 den Abschnitt Klopfregelung und erklären Sie die Wirkungsweise der Klopfregelung in eigenen Worten.

Ein Klopfsensor, welcher am Motorblock festgeschraubt ist, überträgt die Motorschwingungen als elektrisches Signal zum Steuergerät. Bei laufendem Motor wird der Zündzeitpunkt immer mehr Richtung früh verstellt, bis eine klopfende Verbrennung entsteht.

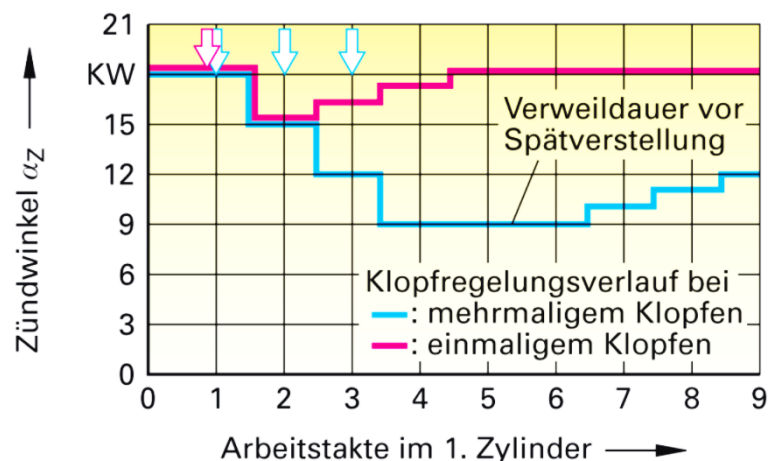
Diese erzeugen stärkere Schwingungen, welche vom Steuergerät erkannt werden. Das Steuergerät verstellt dann den Zündzeitpunkt schrittweise Richtung spät, bis keine klopfende Verbrennung mehr erkannt wird. Tritt keine klopfende Verbrennung mehr auf, wird der Zündzeitpunkt wieder Richtung früh verstellt, bis erneut klopfende Verbrennung auftritt.

Dieser Vorgang wiederholt sich ständig.

Die Klopfregelung regelt ständig den Zündzeitpunkt, dass der Motor immer an der Klopfgrenze betrieben werden kann.

Was versteht man unter Zylinderselektiver Klopfregelung?

Der Zündzeitpunkt wird für jeden Zylinder einzeln, auf Grund des Klopfsensor-Signals eingestellt.

Klopfregelung

Vollelektronische Zündung VZ

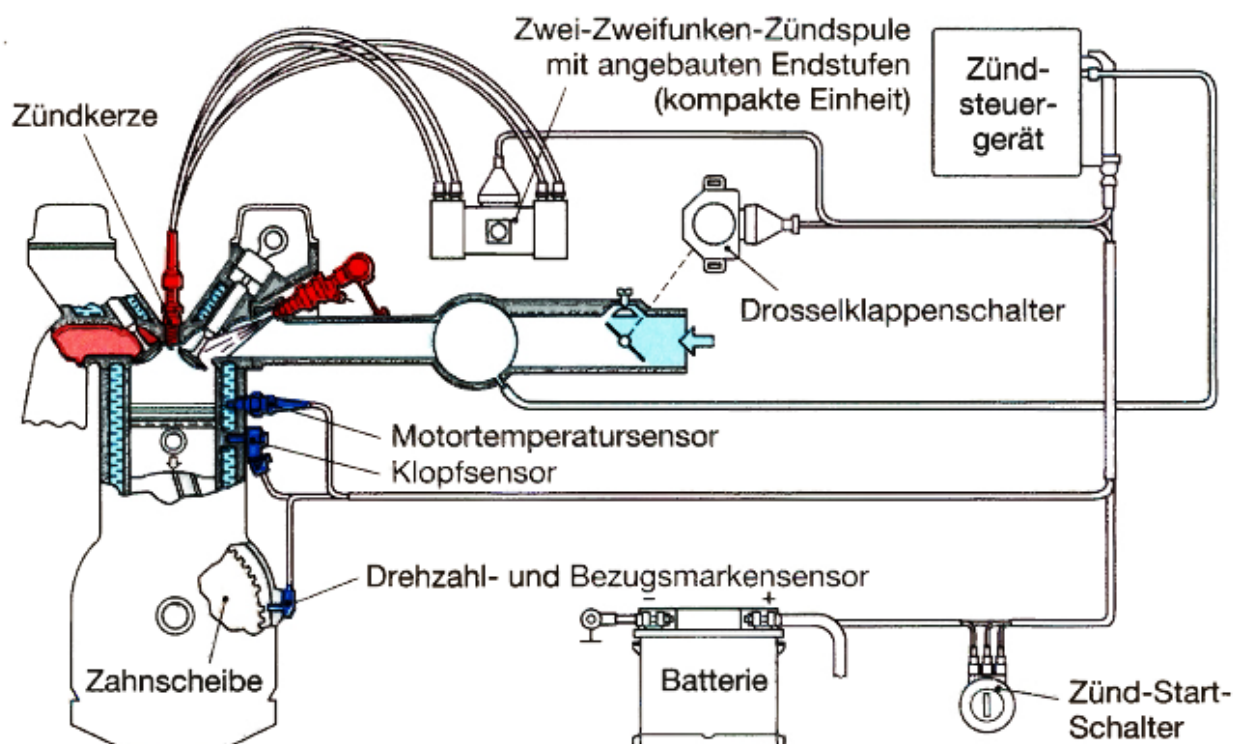
Die Zündspannungsverteilung bei der vollelektronischen Zündanlage wird als ruhende Zündspannungsverteilung (RUV) bezeichnet. Sie besitzt im Vergleich mit der Zündspannungsverteilung durch den Zündverteiler, die rotierende Zündspannungsverteilung (ROV) genannt wird.

Vorteile

- Keine rotierende Teile und dadurch geringere Geräusche.
- Kein mechanischer Verschleiss.
- Weniger Radiostörung.
- Besserer Wirkungsgrad.
- Keine oder kürzere Zündkabel (Marderbisse).

Zündspannungsverteilung

- Einzelfunken-Zündspulen (EFS)
- Doppelfunken Zündspulen (DFS)
- Vierfunken-Zündspulen (VFS)



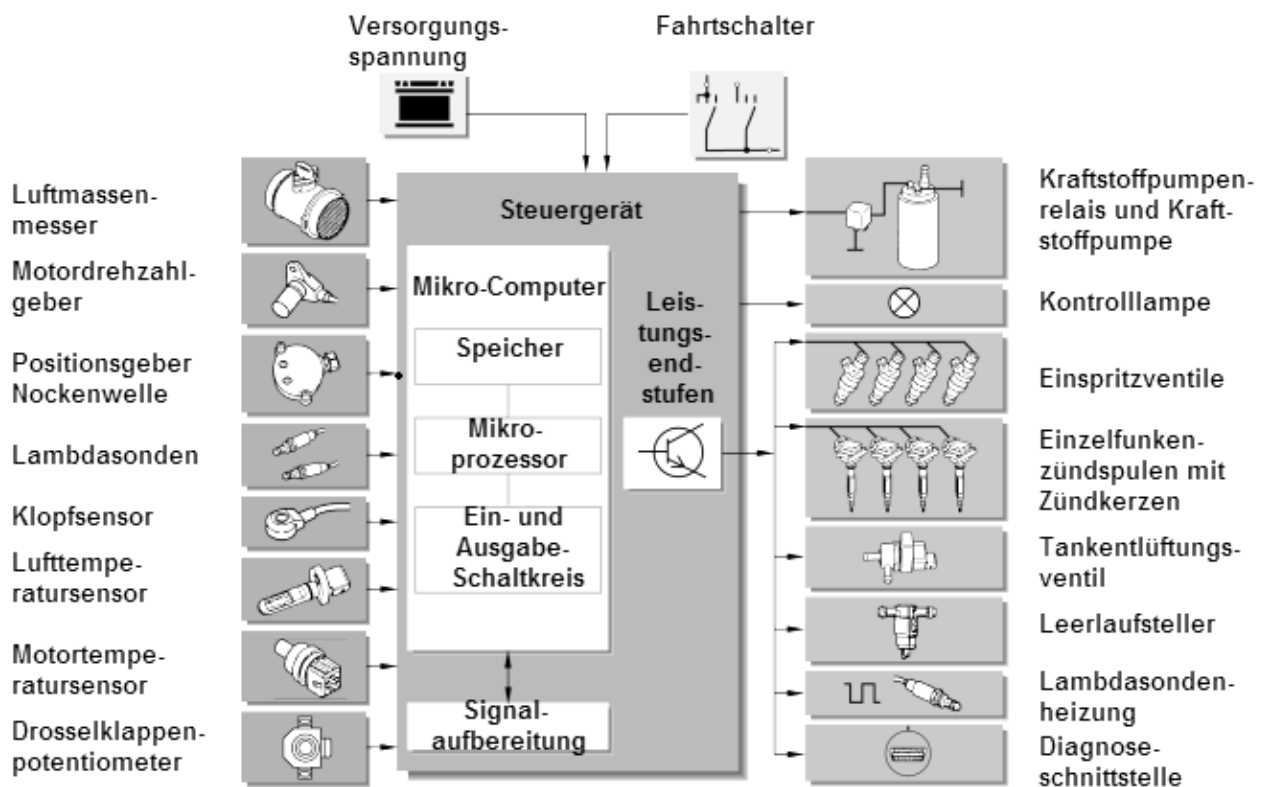
Kombiniertes Zünd-Einspritzsystem

Bei modernen Ottomotoren werden Zündung und Kraftstoffeinspritzung von einem gemeinsamen Steuergerät gesteuert. Solche Systeme nennt man „kombiniertes Zünd-Einspritzsystem“, „Motorelektronik“, „Motormanagement“ oder markenspezifisch z.B. „Motronic“. Sie arbeiten nach dem EVA-Prinzip.

Zündung wie auch Einspritzung benötigen zum Teil die gleichen Informationen, wie z.B. Motordrehzahl und Motorlast. Durch die Zusammenlegung der Systeme können die gleichen Sensoren genutzt bzw. Verkabelungen eingespart werden. Zudem können Zündung und Einspritzung genauer aufeinander abgestimmt werden.

Aufgabe:

Umrahmen Sie die Sensoren grün, das Steuergerät blau, die Aktoren der Einspritzung rot und der Zündung gelb.



Aufgabe:

Motormanagementsysteme arbeiten nach dem EVA-Prinzip. Teilen Sie die Begriffe zu.

E = Eingabe **V** = Verarbeitung **A** = Ausgabe

..... Sensoren

..... Steuergerät

..... Aktoren

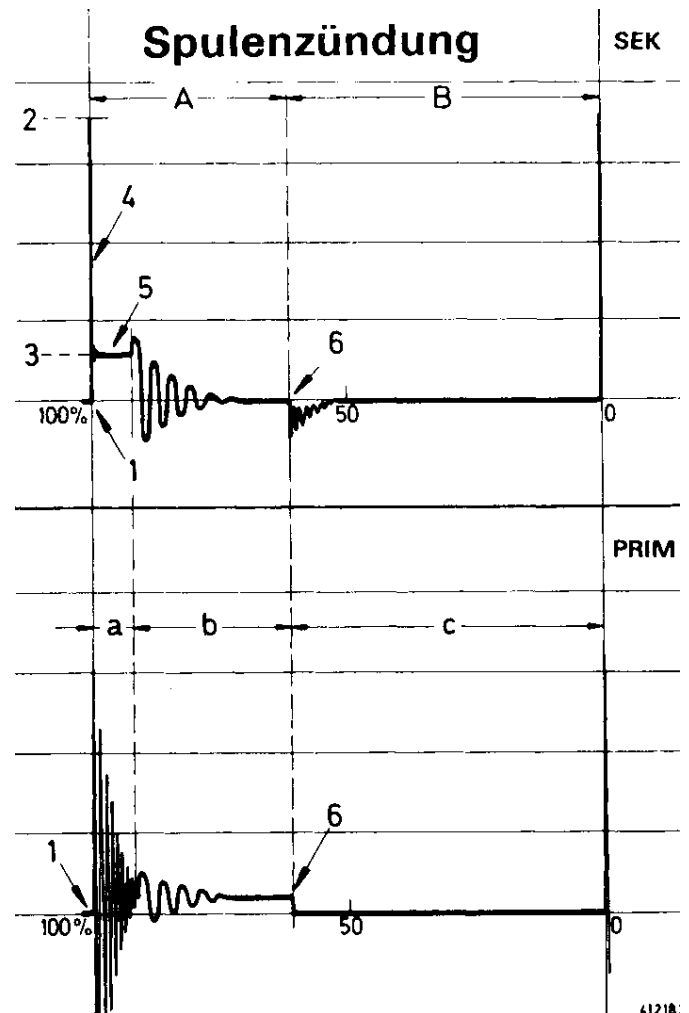
Normaloszillogramm

Zündoszillogramme zeigen den Zündspannungsverlauf im Sekundär- oder im Primärstromkreis. Weicht dieser Verlauf vom Normaloszillogramm ab, liegt ein Fehler in der Zündanlage, der Gemischbildung oder am Motor vor, der oft durch die Art der Abweichung diagnostiziert werden kann.

A Primärstromkreis offen

B Primärstromkreis geschlossen

1	Unterbrecher öffnet
2	Höhe der Zündspannung
3	Höhe der Brennspannung
4	Zündspannungsnadel
5	Brennspannungslinie
6	Unterbrecher schliesst
a	Funkendauer
b	Ausschwingvorgang
c	Schliessdauer



Die **Zündspannungsnadel** (4) ist die grösste Sekundärspannung vor dem Funkenüberschlag. Sie muss die Funkenstrecke ionisieren und ist abhängig vom Elektrodenabstand, sowie vom Mischungsverhältnis, den Turbulenzen und dem Druck im Brennraum. Die Zündspannungsnadel sollte bei allen Zylindern etwa gleich gross sein.

Die **Brennspannung** (5) zeigt den Spannungsbedarf während der Funke brennt. Sie ist deutlich kleiner als die Zündspannungsnadel, da die Funkenstrecke ja schon ionisiert ist. Ihre Länge ist ein Mass für die zur Verfügung stehende Zündenergie der Zündspule. Je länger die Brenndauer ist, umso kleiner ist die Wahrscheinlichkeit eines Verbrennungsaussetzers.

Der **Ausschwingvorgang** (b) wird bestimmt durch die Restenergie der Zündspule, bei der Kontaktzündung vom Kondensator.

Vorsichtsmassnahmen im Umgang mit Zündanlagen

Elektronische Zündanlagen arbeiten in einem Leistungsbereich, der für den Menschen bei Kontakt mit spannungsführenden Teilen lebensgefährlich ist. Dies gilt sowohl für den Primär- als auch für den Sekundärkreis. Gefährliche Spannungen können dabei nicht nur an Bauteilen der Zündanlage, sondern auch an z.B. Kabelbäumen und Steckverbindungen entstehen.

Aufgabe:

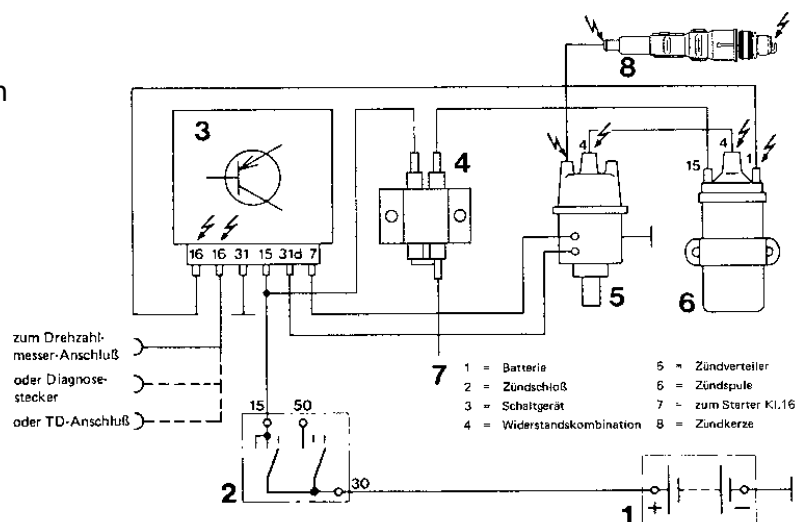
Lesen Sie im Fachbuch auf der Seite 656 den Abschnitt Unfallverhütung und notieren Sie die Sicherheitsmassnahmen.



Sicherheitsmassnahmen

- Grundsätzlich ist bei Arbeiten an der Zündanlage die Zündung auszuschalten (Spannungsversorgung abschalten).
- Bauteile der Zündanlage bei laufendem Motor bzw. eingeschalteter Zündung nicht berühren.
- Beim Anlassen (z.B. Kompression messen) Spannungsversorgung der Zündspule demontieren oder Stecker Drehzahlgeber ausziehen.
- Motorwäsche nur bei ausgeschalteter Zündung.
- Batterie nur bei ausgeschalteter Zündung an- oder abklemmen.
- Statische Aufladung beachten!

Anschlussplan einer Zündanlage, in dem die gefährlichen Stellen mit Pfeilen gekennzeichnet sind. Die Gefahr erstreckt sich jeweils auf die ganze Leitung.



Zündkerzen

Aufgabe:

Lesen Sie im Fachbuch den Abschnitt 19.2.13.10 zum Thema Zündkerzen und beantworten Sie folgende Fragen.

1. Welche Aufgabe haben Zündkerzen zu erfüllen?

Benzin-Luft-Gemisch mit einem Hochspannungsimpuls zu Zünden.

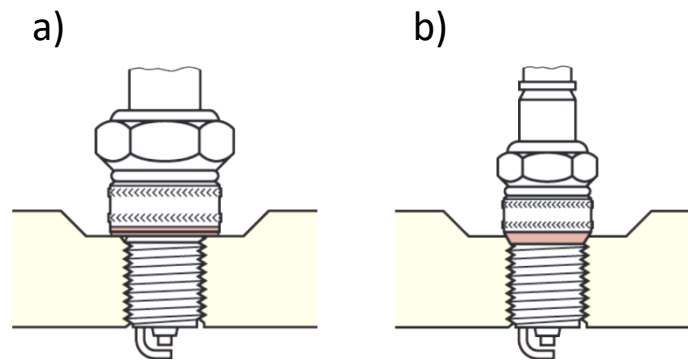
2. Welchen Beanspruchungen sind Zündkerzen ausgesetzt?

- Druckschwankungen zwischen Ansaug- und Arbeitstakt von etwa 0,9 bar Unterdruck und 60 bar Überdruck.
- Temperaturschwankungen zwischen Ansaug- und Arbeitstakt von etwa 100 °C auf 2500 °C
- Bis zu 4000 Funkenüberschläge/Minute, bis zu 66 Funkenüberschläge/Sekunde bei einer Motordrehzahl von 8000 1/min.
- Zündspannungen bis zu 40 kV mit kurzzeitigen Stromspitzen im Funkenkopf, die zur Erosion der Elektroden führen.
- Chemischen Prozessen, die die Eigenschaften der Zündkerzenwerkstoffe verändern und eine Korrosion begünstigen.

3. Welche Materialien werden für die Herstellung von Zündkerzen verwendet?

- Metall
- Keramik (Aluminiumoxid)
- Glas

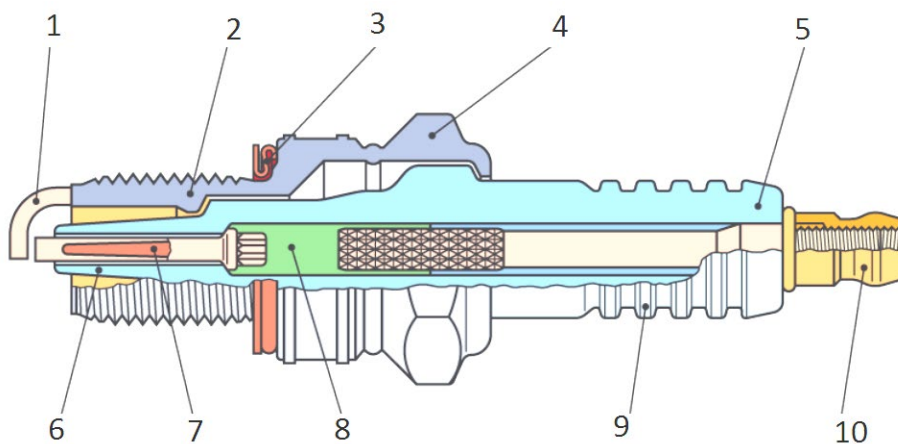
4. Benennen Sie bei den Zündkerzen auf dem unteren Bild den Dichtsitz mit dem richtigen Fachbegriff und färben Sie den Dichtsitz mit roter Farbe ein.



a = Flachdichtsitz mit Dichtring

b = Kegeldichtsitz ohne Dichtring

5. Benennen Sie die Einzelteile mit dem richtigen Fachbegriff.



1. Masseelektrode

2. Einschraubgewinde

3. Dichtring

4. Zündkerzengehäuse

5. Isolator

6. Isolatorfuss

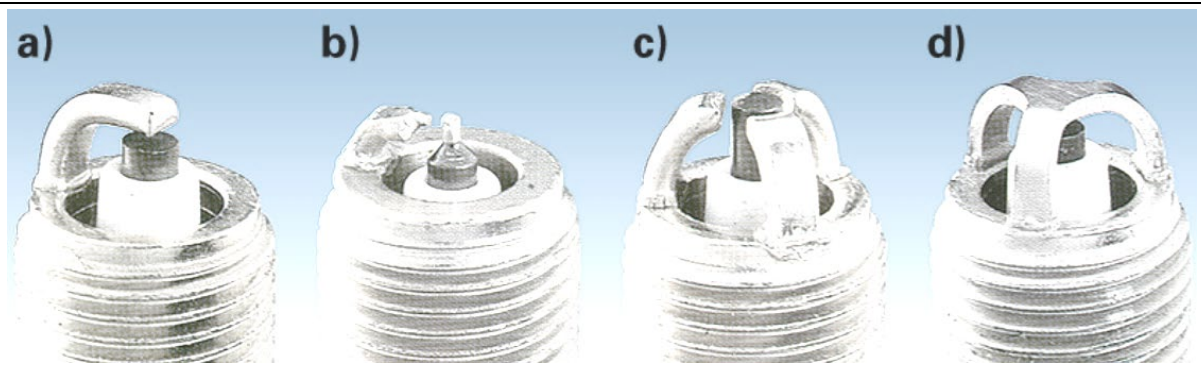
7. Mittelelektrode

8. Glasschmelze

9. Kriechstrombarriere

10. Anschlussbolzen

6. Benennen Sie die Elektrodenform der unteren Zündkerzen.

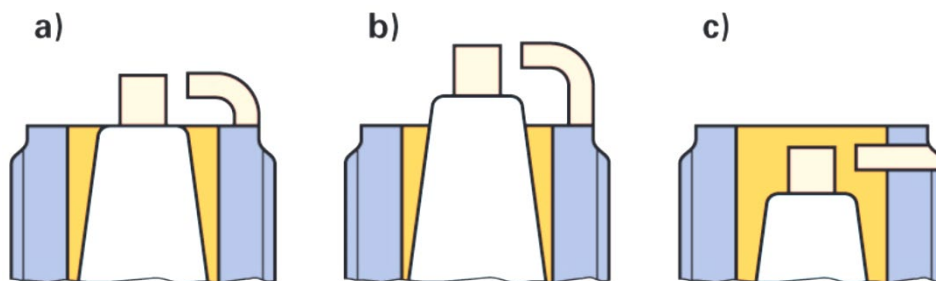


- a) **Dachelektrode**
- b) **Seitenelektrode (Platinkerze)**
- c) **Mehrpulige Seitenelektrode**
- d) **Dreiecksmasseelektrode**

7. An welchem Merkmal erkennen Sie eine Zündkerze mit einer Platinelektrode?

Die Mittelelektrode ist spitzig ausgeführt.

8. Benennen Sie die Funkenlage der unteren Zündkerzen.



- a) **Normale Funkenlage**
- b) **Vorgezogene Funkenlage**
- c) **Zurückgezogene Funkenlage**

9. Aus welchem Grund kommen Zündkerzen mit verschiedenen Funkenlagen zum Einsatz?

Der Funke soll im Verbrennungsraum dort überspringen, wo die Strömungsverhältnisse des Gemisches besonders gut sind. Dort wo sich sicher ein zündfähiges Gemisch vorhanden ist.

10. Was kann dazu führen, dass der Funke nicht von Elektrode zu Elektrode springt, sondern am Isolatorfuss zum Masse gleitet?

Verbrennungsrückstände und leitfähiger Russ kann dazu führen, dass der Funke den Weg vom geringeren Widerstand geht.

11. Durch was wird der Wärmewert einer Zündkerze bestimmt?

Durch die Form des Isolatorfusses.

12. In welchem Temperaturbereich arbeitet eine Zündkerze mit dem richtigen Wärmewert?

450 °C bis 850 °C

13. Wie hoch ist die Selbstreinigungstemperatur einer Zündkerze?

Ab 450 °C

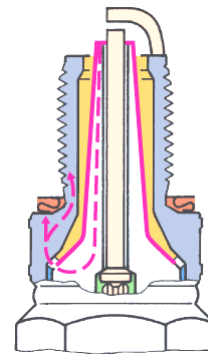
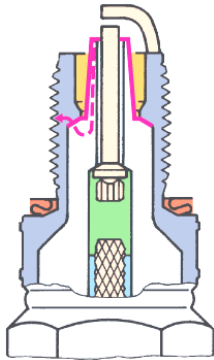
14. Welche Auswirkung hat es, wenn der Wärmewert der Zündkerze zu klein ist?

Die Selbstreinigungstemperatur wird nicht erreicht.
Der Isolatorfuss verschmutzt, der Zündfunken gleitet am verschmutzten Isolatorfuss zur Masse ab. Es kommt zu Zündaussetzer.

15. Welche Folgen hat es, wenn der Wärmewert einer Zündkerze zu hoch ist?

Der Isolatorfuss überschreitet die maximale Temperatur von 850 °C. Es kann zu Glühzündungen kommen, was zu klopfenden Verbrennungen führt.

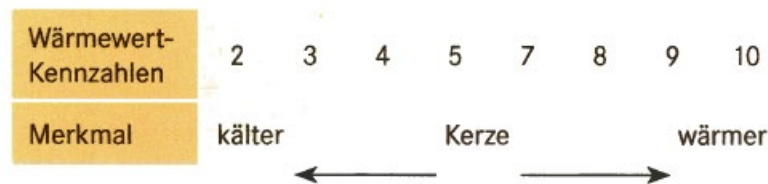
16. Welche dieser Zündkerzen besitzt einen hohen oder kleinen Wärmewert?



Einen kleinen Wärmewert

Einen grossen Wärmewert

17. Zur Info: Wärmewertkennzahlen



18. Streichen Sie das falsche *kursive* Wort in den unteren Behauptungen durch.

Je *grösser/kleiner* die Wärmewert-Kennzahl einer Zündkerze ist, desto schneller erreicht sie ihre Betriebstemperatur und umso weniger Wärmemenge wird von ihr je Zeiteinheit abgeleitet.

Je grösser die Wärmewert-Kennzahl einer Zündkerze, desto *Wärmer/Kälter* wird diese im Vergleich zu Zündkerzen mit niedrigerer Wärmewertkennzahl im selben Motor.

19. Eine Zündkerze mit einem Wärmewert von 7 erreicht die Selbstreinigungstemperatur nicht und es kommt zu Zündaussetzern. Sie ersetzen die Zündkerzen. Welchen Wärmewert verwenden Sie bei den neuen Zündkerzen um diese Fahrverhaltensmängel zu beheben?

Eine Zündkerze mit einem höheren Wärmewert, zum Beispiel 8.

20. Studieren Sie die Zündkerzengesichter auf der Seite 657 im Fachbuch.