

# Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Themengebiet

**Zündung**

# Themengebiet Zündung

## Inhaltsverzeichnis

### •Aufgabe

- Zufuhr von Zündenergie
- Anforderung

### •Zündenergie

- Allgemeines
- Energieform
- Energiespeicherung

### •Zündspannung

- Induktion, Magnetfeld, Selbstinduktion
- Elektrisches Feld
- Durchbruchspannung
- Hochspannung
- Zündspannungsverlauf
- Transformator
- Transformation von Gleichstrom ?!
- Spannungswandler

### •Zündzeitpunkt

- Abhängigkeiten
- Zeitmanagement (Zündanlagen)
- Sensorik
- Verstellung
- Kennfelder
- Einschaltfunken

### •Zündanlagen

- Baugruppen / Bauteile ; Aufbau und Funktion
- Unterbrecherzündung
- Transistorzündung (TSZ-k; TSZ-i; TSZ-h)
- Thyristorzündung
- Hochspannungskondensatorzündung
- CDI-Zündung
- Elektronische Zündung
- Vollelektronische Zündung (VEZ)
- On Board Diagnose
- Entwicklungsrichtungen (Ausblick)

### •Bauformen der VEZ

- Einzelfunkenspulen
- Doppelfunkenspulen

### •Bordelektrik/- elektronik

- Stromlaufplan, Allgemeines
- Primärkreis, Sekundärkreis
- Stromlaufpläne von Zündanlagen

### •Wartung und Fehlersuche

- Fehlermöglichkeiten
- Elektrische Messungen
- Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder

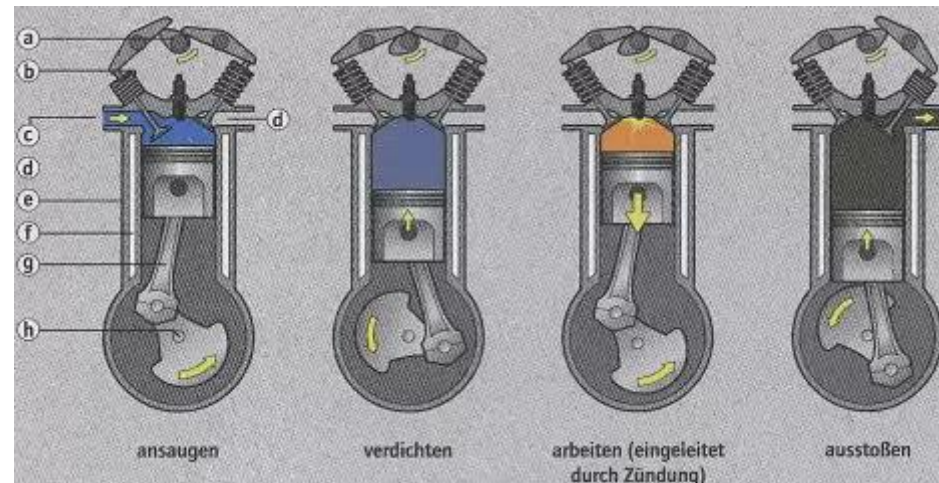
# Aufgabe

Zufuhr von Zündenergie zur  
Fremdzündung im  
ottomotorischen Prozess



## Aufgabe Anforderung

Mit Hilfe des Zündsystems wird in der **Endphase** des Kompressionstaktes lokal an einer (oder mehreren) geeigneten zentralen Stelle(n) im Brennraum Zündenergie zugeführt.



Die Zündenergie führt im Gasgemisch zu einer starken, lokalen Temperaturerhöhung um mehrere Tausend Kelvin. Es bildet sich ein Zündherd, von dem aus sich das Gemisch in radialer Richtung **selbsterhaltend** entflammt.

Gutes motorisches Betriebsverhalten erfordert eine verlässliche Entflammung des möglichst vollständigen Gemischs im Brennraum. Hierzu muss das Zündsystem auch unter ungünstigen Betriebsbedingungen immer **eine ausreichende Menge an Zündenergie** zur Verfügung stellen.

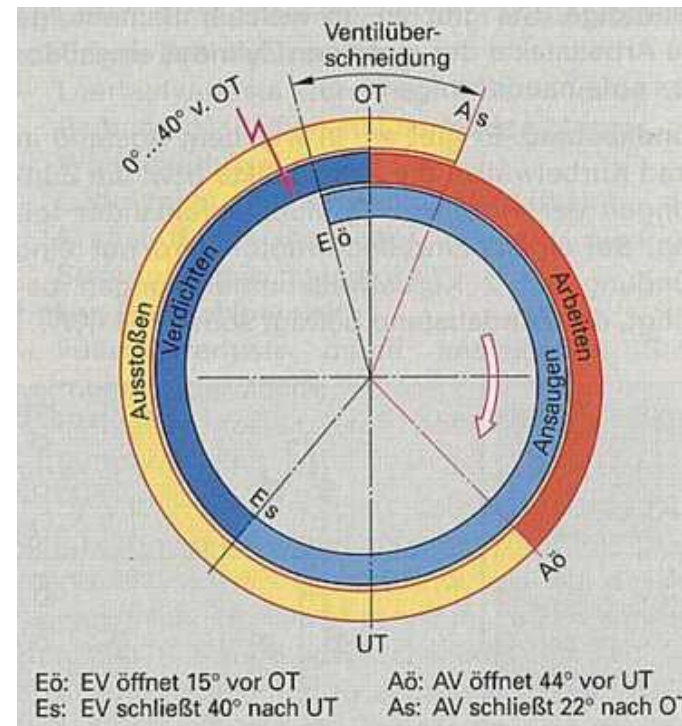
## Aufgabe Anforderung

Der Zündzeitpunkt muss so festgelegt werden, dass der höchste Verbrennungsdruck bei allen

- Drehzahlen
- Lastfällen und
- Betriebszuständen

etwa  $10^\circ$  bis  $20^\circ$  Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt (OT) auftritt.

Wegen der Umsetzungsgeschwindigkeit des Kraftstoff–Luft–Gemisch muss daher schon vor dem OT gezündet werden.



## Aufgabe Anforderung



## Unerwünschte Funktionen

### Verbrennungsaussetzer

- Trotz erfolgter Zündung erhält sich keine kontinuierlich fortschreitende Umsetzung des Brennstoff-Sauerstoff-Gemisches durch mangelnde Zündenergie, viele weitere Ursachen ausserhalb der Zündanlage

### Zündaussetzer

- Es wird keine Zündenergie im benötigten Zeitpunkt freigesetzt durch Fehler in der Zündanlage, Nebenschlüsse , ...

**Beide Fehler führen dazu, dass unverbrannter Kraftstoff in den Katalysator gelangen kann, dort verbrennt und den Katalysator (ggf. auch  $\lambda$ -Sonde) thermisch zerstört. In jedem Fall steigen die HC-Emissionen.**

## Zündenergie

Allgemeines  
Energieform  
Energiespeicherung



## Zündenergie

### Allgemeines

Um den Verbrennungsvorgang (chemische Reaktion) in Gang bringen zu können, ist den Ausgangsstoffen **Aktivierungsenergie** zuzuführen.

Die Aktivierungsenergie wird als **Mindestzündenergie** bezeichnet.

Homogene, stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Gemische benötigen eine Zündenergie von etwa **0,2 mJ**.

In fetten oder mageren Gemischen kann der Bedarf 10x höher sein.

Im realen Motor ist der Zündenergiebedarf wesentlich höher.

Konventionelle Zündsysteme -> Funkendauer von 1 ms ca. 40 mJ.

Elektronische Zündanlagen >70 mJ.





## Zündenergie Allgemeines



Zum Vergleich:

Ein 0,2er Bier hat einen Energieinhalt von 320.000.000 mJ

Eine Tafel Schokolade (100g) hat 2.200.000.000 mJ



## Zündenergie

### Energieform

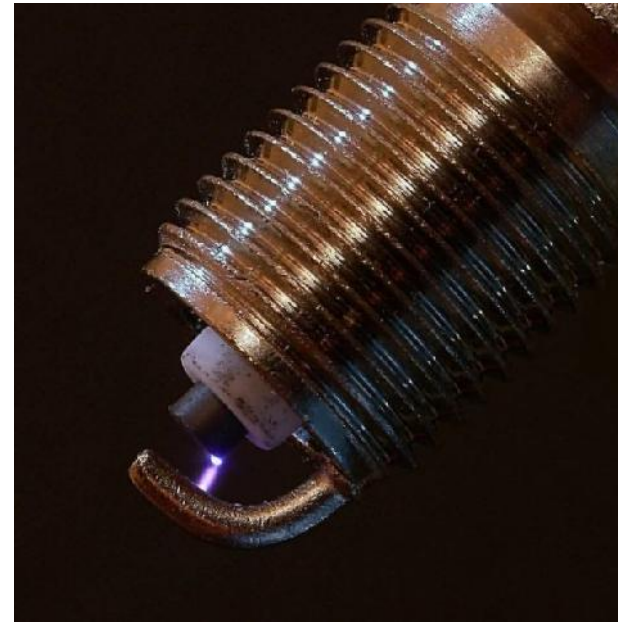
Zündenergie wird in Form eines „Funkens“ zur Verfügung gestellt

Funken entstehen bei elektrischen Spannungen zwischen zwei elektrischen Leitern oder Elektroden durch Stoßionisation

Als Funke wird ein Licht ausstrahlendes Plasma bezeichnet

Plasma ist ein Gas, dessen Atome teilweise oder vollständig in Ionen und Elektronen „aufgeteilt“ sind

Ein Ion ist ein elektrisch geladenes Atom oder Molekül



## Zündenergie Energieform

Plasma ( Funkenstrecke an einer Zündspule)



## Zündenergie Energiespeicherung

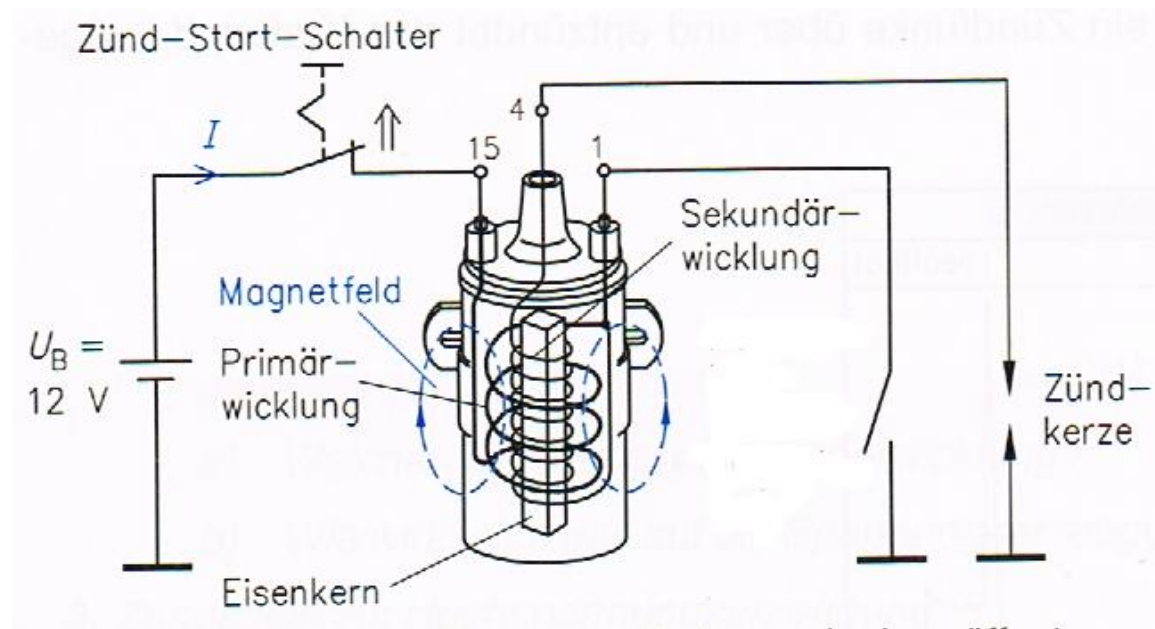
In Zündanlagen kommen (hauptsächlich) 2 Energiespeicher zur Anwendung

- Zündspule
- Kondensator



Zündenergie  
Energiespeicherung

Zündspule



Aufgaben

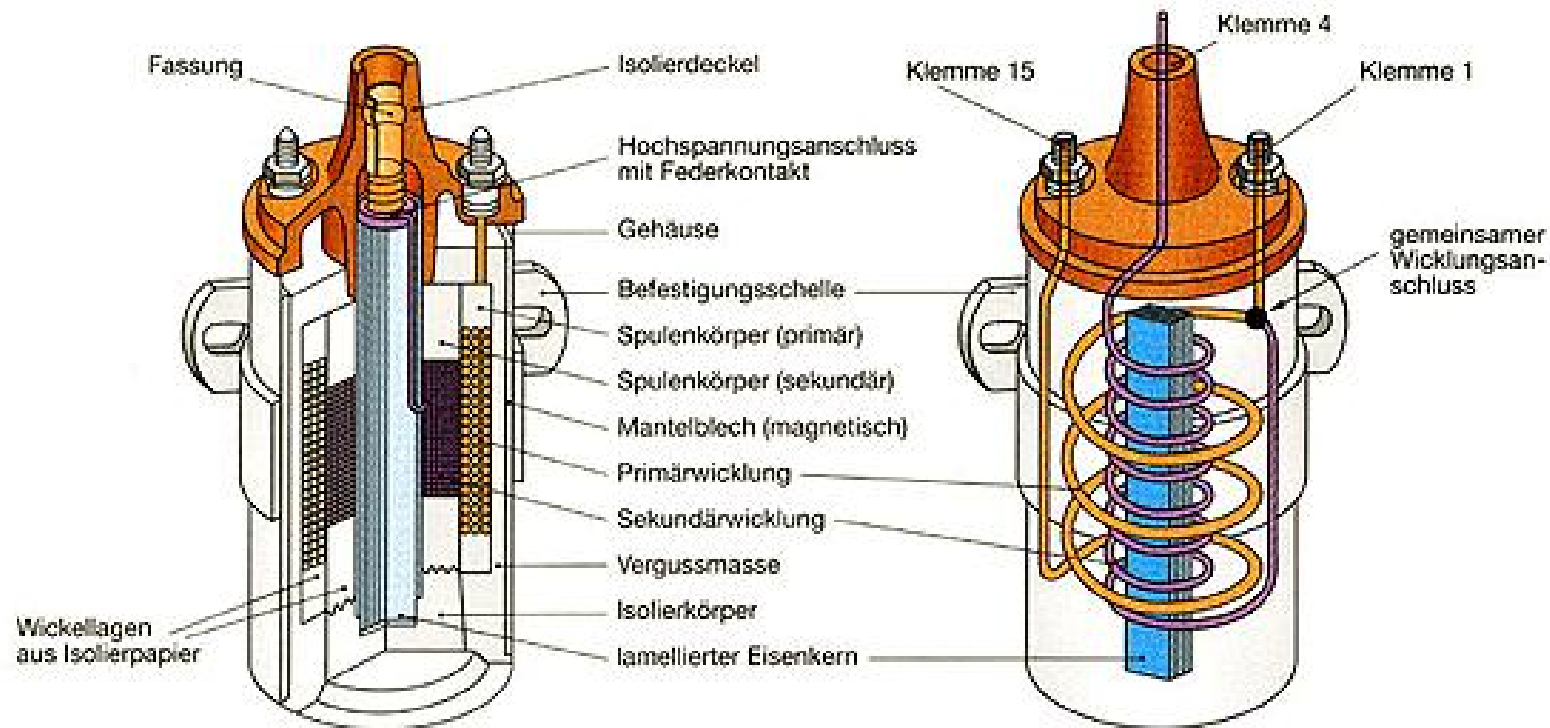
Einfache Spulenzündanlage

Speicherung von Zündenergie ( > 60 mJ )

Erzeugung von Hochspannung ( > 20 kV )

## Zündenergie Energiespeicherung

## Zündspule



## Zündenergie

Energiespeicherung

## Zündspule

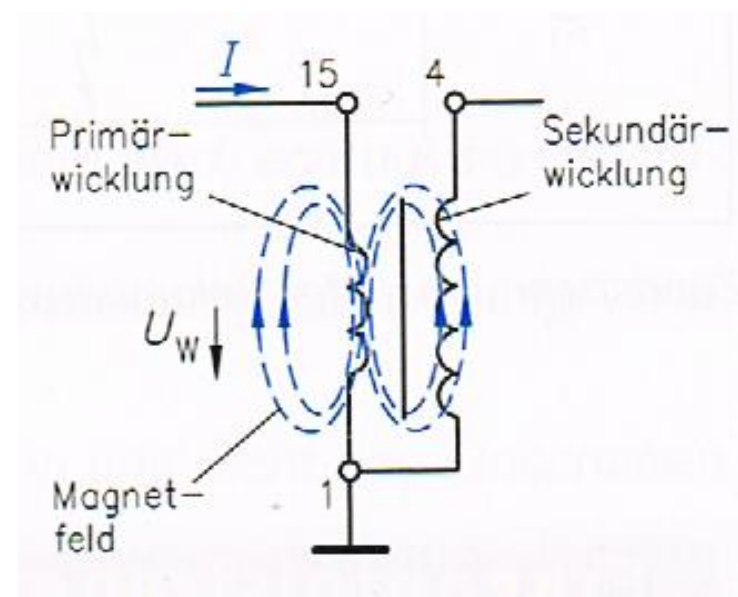
Speichervorgang

Primärstromkreis geschlossen

Primärstrom fließt durch Primärwicklung  
(Kl. 15 → PW → Kl. 1 → Masse)

Magnetfeldaufbau (Verstärkung durch  
Eisenkern)

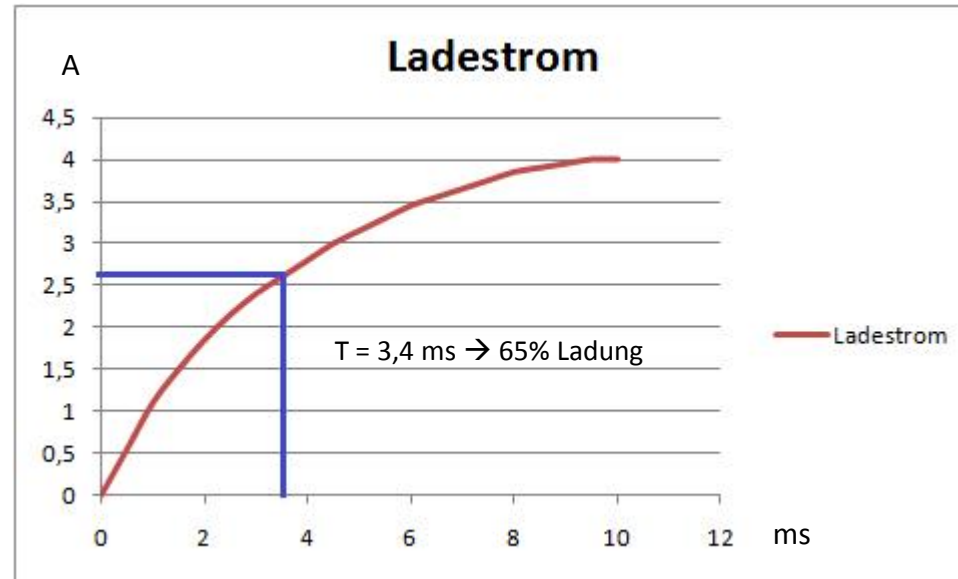
Wirksame Spannung  $U_w$  = Batteriespannung



**Die eingetragene Energie wird in Form  
eines Magnetfeldes gespeichert**

Zündenergie  
Energiespeicherung

Zündspule  
Speichervorgang



Zeitverlauf

Beispiel  
Zündspule

Induktivität 10,4 mH  
Widerstand 3 Ω

$$\begin{aligned} \text{Ruhestrom } I &= U / R \\ &= 12 / 3 = 4 \text{ A} \\ \text{Zeitkonstante } \tau &= L / R \\ &= 10,4 / 3 \\ &= 3,47 \text{ ms} \end{aligned}$$



Zündenergie  
Energiespeicherung

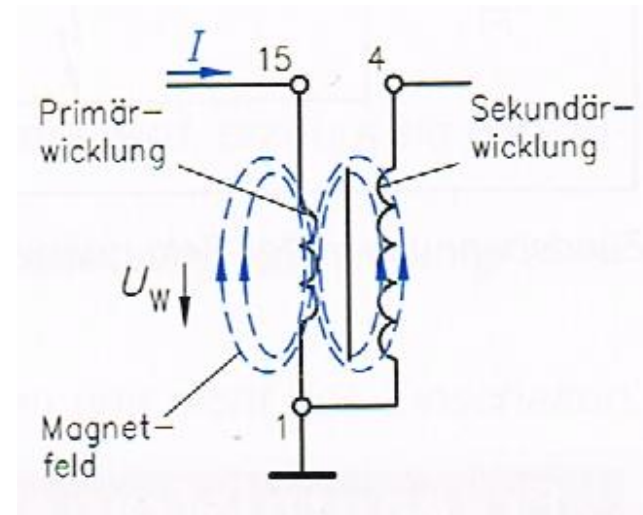
Zündspule  
Speichervorgang

Energieinhalt

$$W = 0,5 * I^2 * L$$

Beispiel

Zündspule      Induktivität 10,4 mH  
                      Widerstand 3  $\Omega$

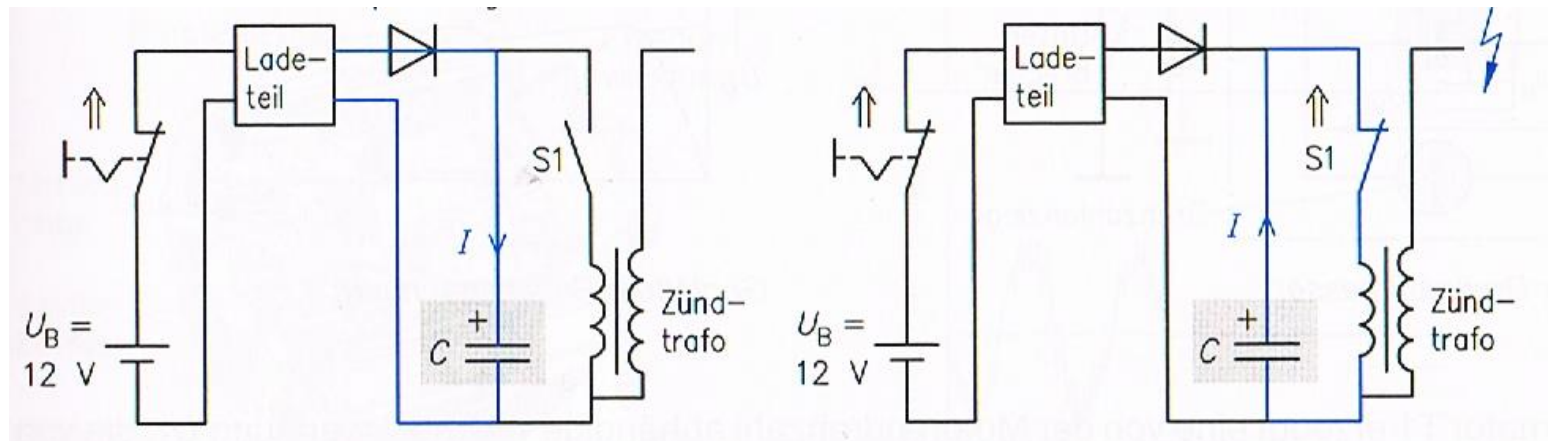


Ruhestrom I            = U / R  
                              = 12 / 3 = 4 A

Energiebetrag         = 0,5 \* I<sup>2</sup> \* L  
                              = 0,5 \* 4<sup>2</sup> \* 0,0104  
                              = 83,2 mJ

## Zündenergie Energiespeicherung

## Kondensator



Ladevorgang

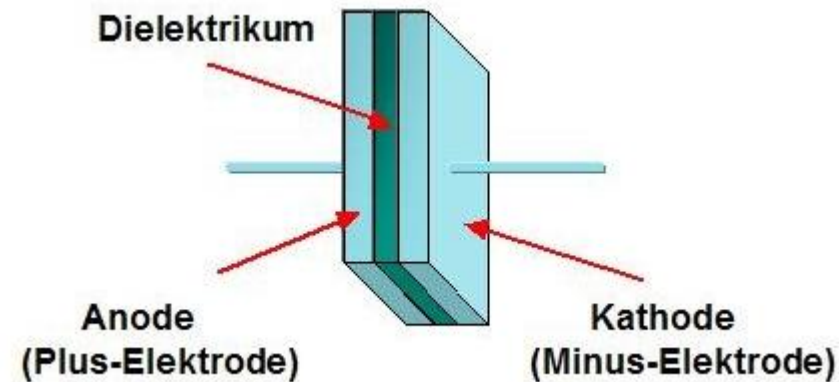
Entladung über Trafo

## Aufgaben

Speicherung von Zündenergie ( > 60 mJ )

Zündenergie  
Energiespeicherung

Kondensator



Ein Kondensator ist ein passives elektrisches Bauelement

Die Speicherfähigkeit wird als Kapazität bezeichnet und in **Farad** gemessen

Er besteht aus zwei elektrisch leitenden Flächen in meist geringem Abstand, den Elektroden

Dazwischen befindet sich immer ein Bereich mit isolierender Eigenschaft, ein Dielektrikum

**Die Energie ist in dem elektrischen Feld, das zwischen den Elektroden herrscht, gespeichert**

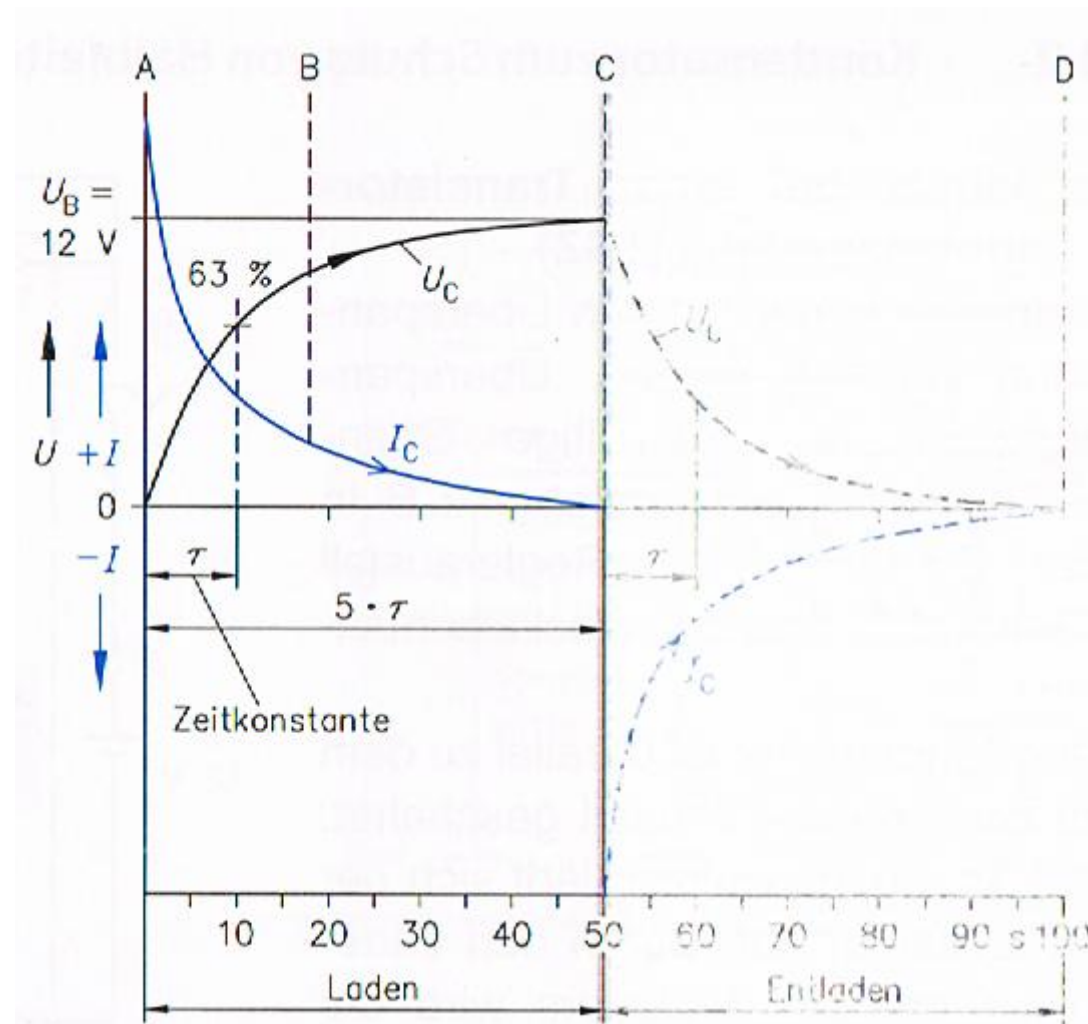
Zündenergie  
Energiespeicherung

Kondensator

Ladevorgang

Zeitkonstante  
 $\tau = R * C \text{ (sec)}$   
R=Vorwiderstand

Energieinhalt  
 $W = 0,5 * C * U_c^2$



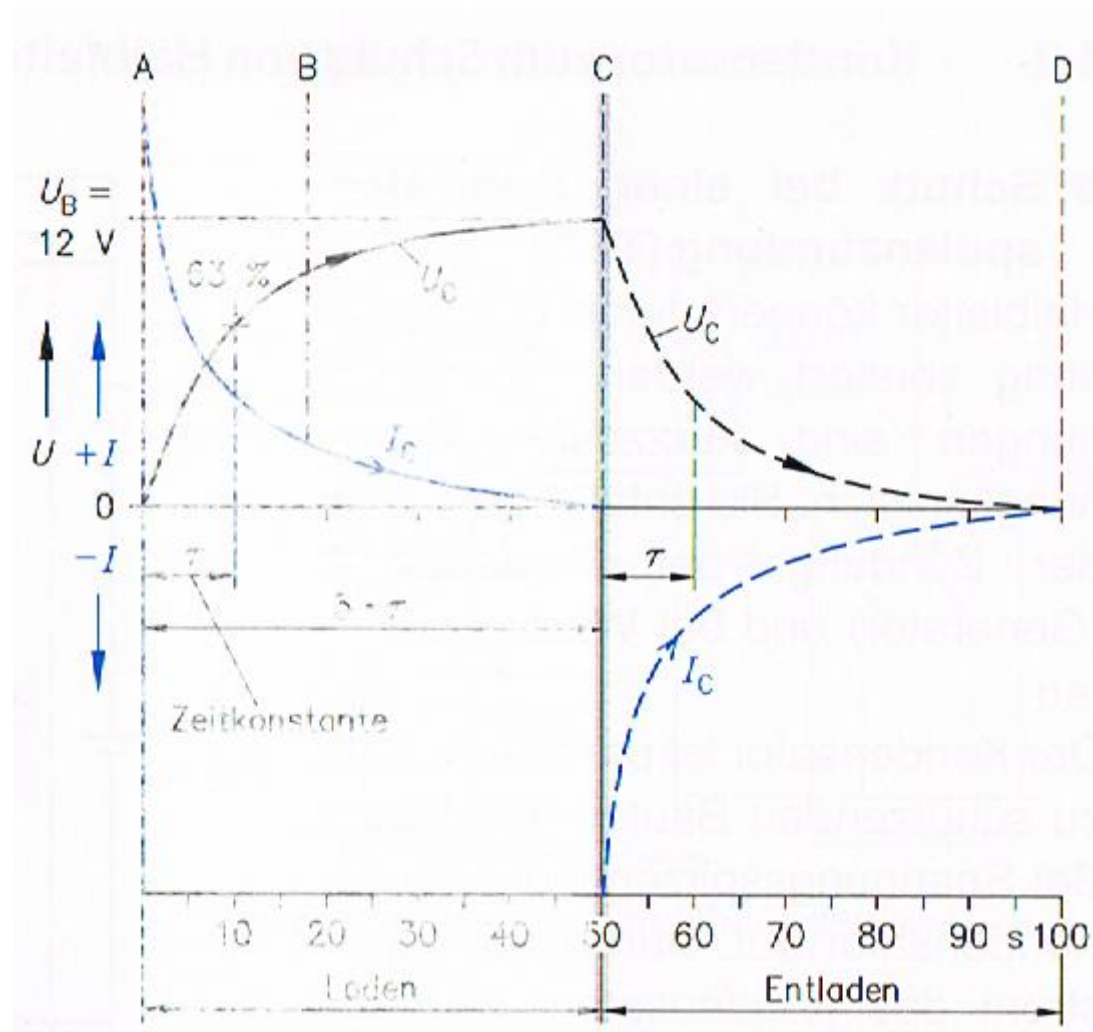
Zündenergie  
Energiespeicherung

Kondensator

Entladevorgang

$$\tau = R * C \text{ (sec)}$$

R=Ablaufwiderstand



## Zündspannung

Induktion, Magnetfeld  
Elektrisches Feld  
Durchbruchspannung  
Hochspannung  
Transformator  
Transformation von Gleichstrom ?!  
Spannungswandler

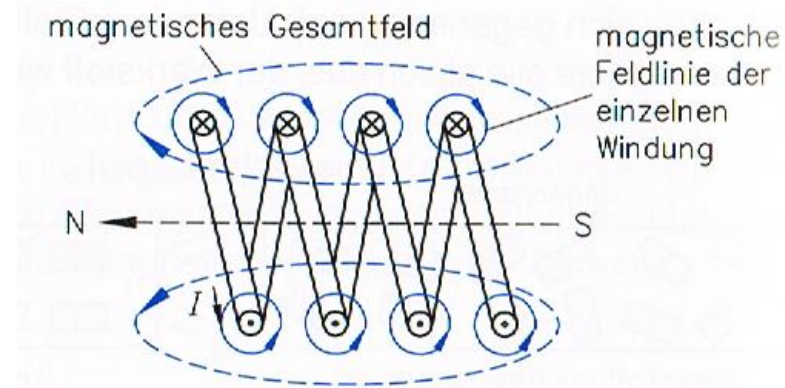
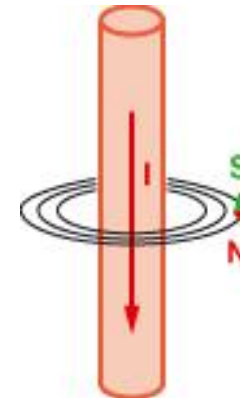


## Zündspannung Induktion, Magnetfeld

Um jeden stromdurchflossenen Leiter bildet sich ein Magnetfeld. Man nennt diesen Effekt Elektromagnetismus.

Bewegte Ladungen (Strom) sind die Ursache des Elektromagnetismus

Wickelt man den Draht zu einer Spule, so addieren sich die magnetischen Felder zu einem Gesamtfeld

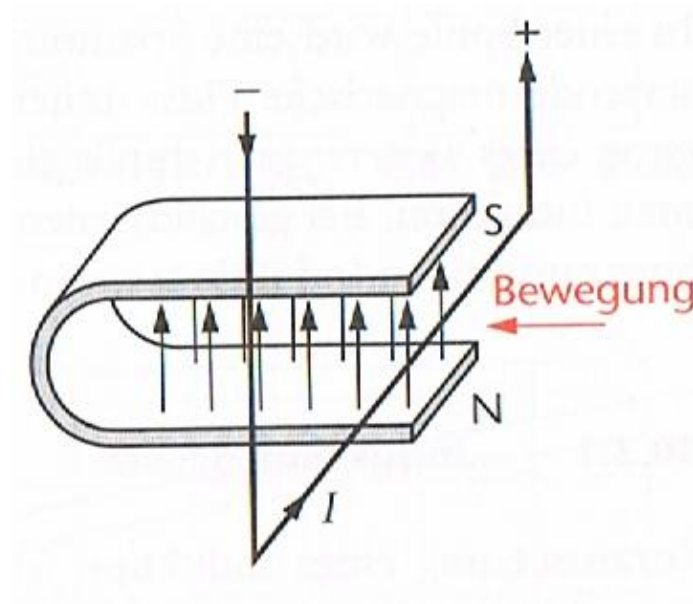


## Zündspannung Induktion, Magnetfeld

Wird ein Leiter (senkrecht) zu den magnetischen Feldlinien bewegt, wird an den Enden des Leiters eine elektrische Spannung induziert

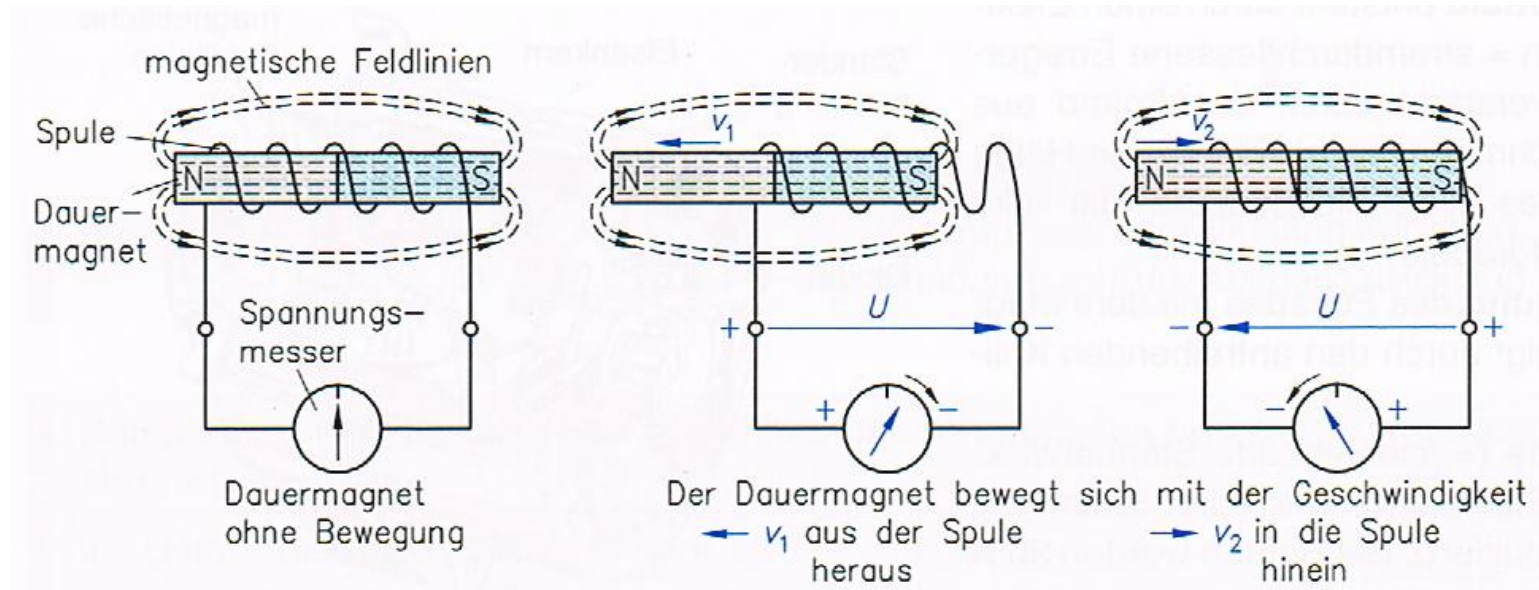
Die Spannung ist von der Stärke des Magnetfeldes und von der Bewegungsgeschwindigkeit abhängig

Wird der Leiter geschlossen, fließt ein Strom





## Zündspannung Induktion, Magnetfeld



Die **Änderung** des Magnetfeldes ( hier als einwirkend auf die Spule ) bewirkt eine Verschiebung der Elektronen im Leiter und damit einen Strom bestimmter Spannung

## Zündspannung Selbstinduktion

Unter Selbstinduktion versteht man die Induktionswirkung eines Stromes auf seinen eigenen Leiterkreis:

Ändert sich der durch eine Spule fließende Strom, so bewirkt dieser eine Änderung des magnetischen Flusses durch die "eigene" Spule.

Es tritt eine Induktionsspannung auf die der Versorgungsspannung entgegenwirkt

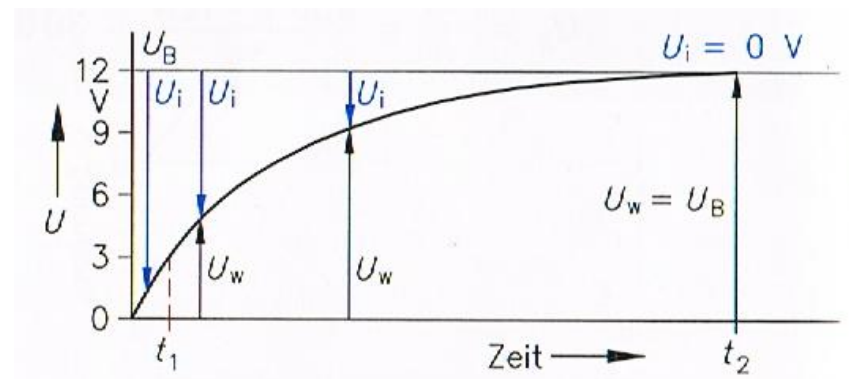
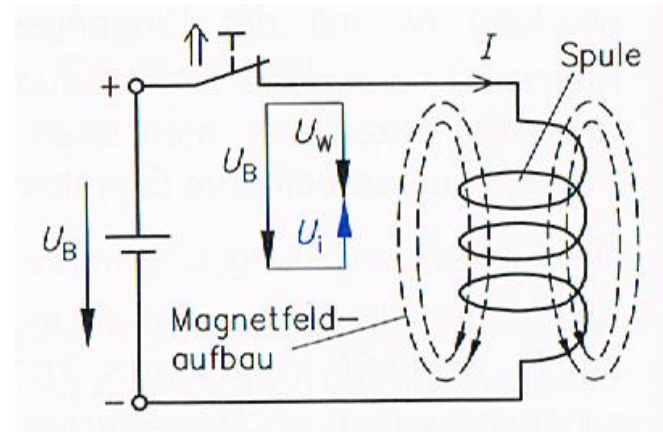
Dadurch steigt der Strom beim Einschalten einer Spule erst allmählich auf seinen stationären Endwert. Beim Ausschalten der Spule kann der Strom noch "nachfließen", es entsteht eine Spannungserhöhung

## Zündspannung Selbstinduktion

Beim Einschalten wird durch den Strom ein Magnetfeld aufgebaut

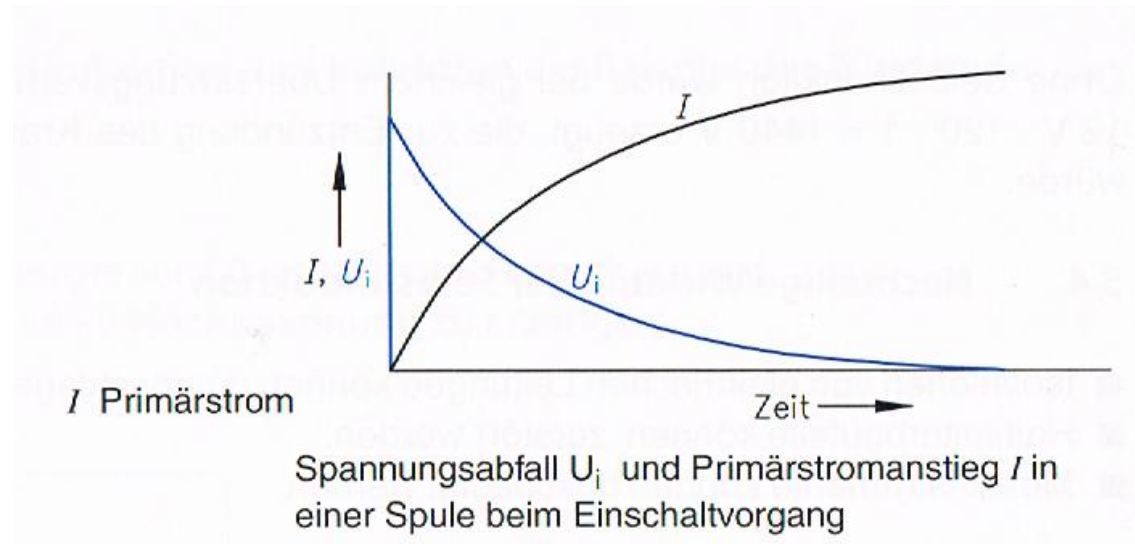
Die Induktionsspannung wirkt der Batteriespannung entgegen

Wirksame Spannung =  $U_B - U_i$



Spannungsanstieg in einer Spule

## Zündspannung Selbstinduktion

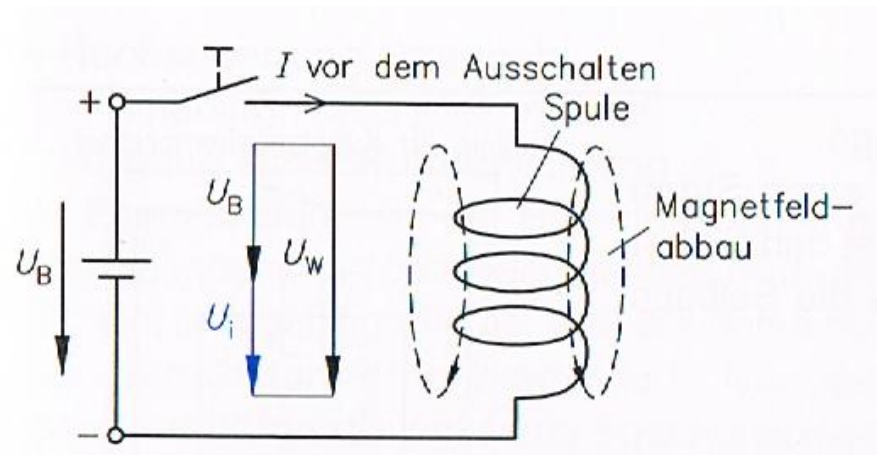


Der Strom „ $I$ “ ist eine Folge der wirksamen Spannung. Mit sinkender Induktionsspannung nimmt der Strom zu

## Zündspannung Selbstinduktion

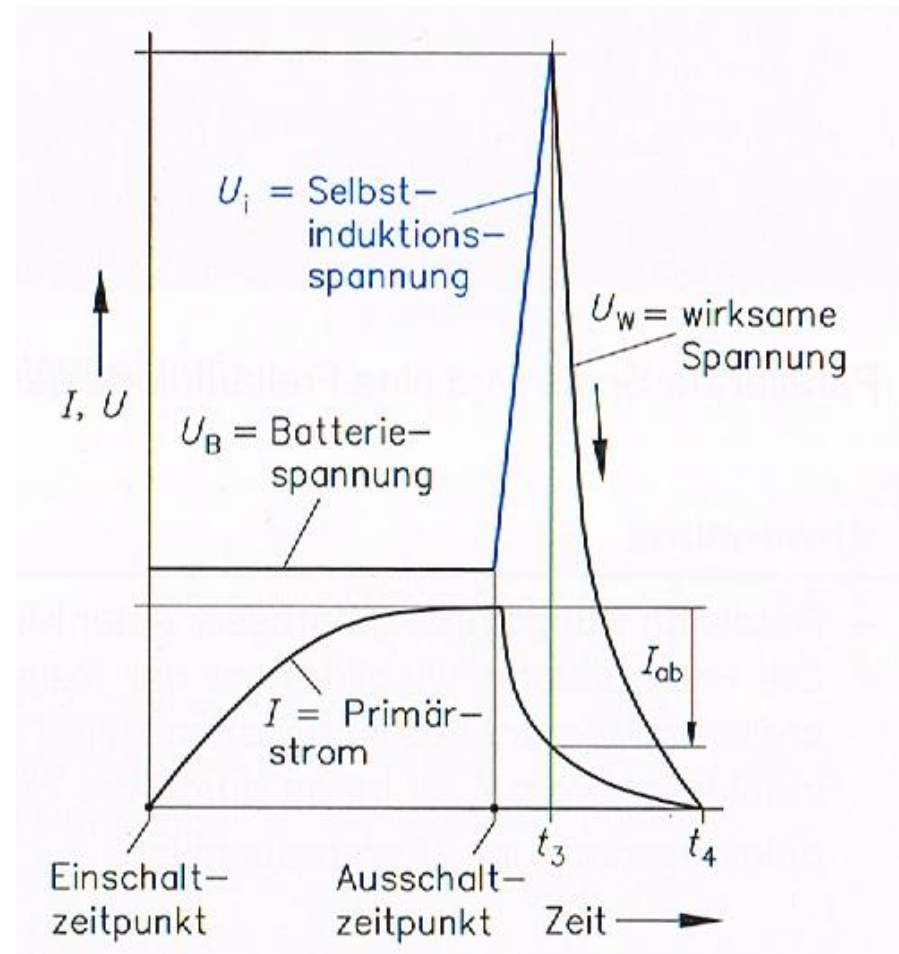
Beim Ausschalten verringert sich der Strom, das Magnetfeld baut sich ab

Dadurch entsteht eine Induktionsspannung, die die gleiche Richtung wie die Batteriespannung hat, diese addieren sich zur Wirkspannung  $U_W = U_B + U_i$



## Zündspannung Selbstinduktion

Spannungs- und Stromverlauf in  
einer Spule beim Ein- und  
Ausschalten



## Zündspannung elektrisches Feld

Auf Grund der angelegten Spannung wandern Elektronen vom Minuspol der Batterie zur unteren Platte.

Sie können nicht über den Zwischenraum der Platten springen (Isolator) und sammeln sich an der Oberfläche der Platte

Freie Elektronen der gegenüberliegende Platte werden „verdrängt“

Die Elektronendifferenz erzeugt ein elektrisches Feld zwischen den beiden Platten

Für den Betrag der Feldstärke gilt:

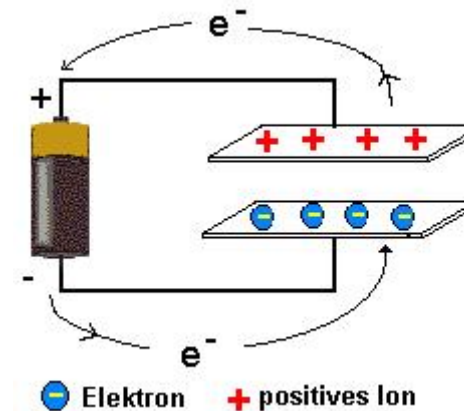
$$E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon_r A} \quad )$$

d = Abstand zwischen den Platten

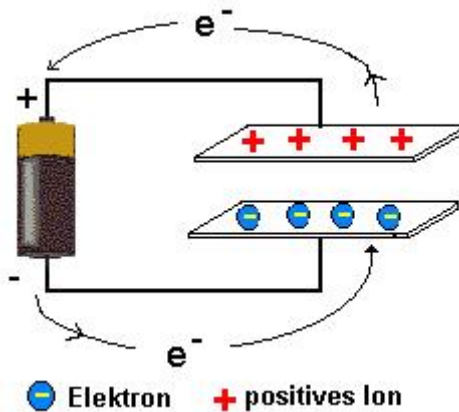
A die Fläche einer Kondensatorplatte,

U = Spannung

Q = Ladungsmenge auf einer Platte



## Zündspannung elektrisches Feld



$$E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon_r A}$$

Medium	$\epsilon_r$	Medium	$\epsilon_r$
Vakuum	1,0	Luft	1,00059
Acrylbutadienstyrol (ABS) (30 °C)	4,3	Aluminiumoxid (Tonerde)	9
Ammoniak (0 °C)	1,007	Bariumtitanat	$10^3-10^4$
Benzol	2,28	Trockene Erde	3,9
Feuchte Erde	29	Glas	6-8
Glycerin	42,5	Gummi	2,5-3
dartrockenes Holz	2-3,5	Kaliumchlorid	4,94
		Methanol	32,6
Petroleum	2	Polyethylen (PE) (90 °C)	2,4
Polypropylen (PP) (90 °C)	2,1	Porzellan	2-6
Propanol	18,3	Paraffin	2,2
Papier	1-4	Polytetrafluorethylen (PTFE oder auch Teflon)	2
Pertinax, Epoxidharz	4,3-5,4	Polystyrol-Schaum (Styropor ® BASF)	1,03
Tantalpentoxid	27	Wasser	80,1
Wasser ( $f = 2,54$ GHz)	77	Wasser (sichtbarer Bereich)	1,77
Eis (-20 °C)	$\approx 100$	Eis (-20 °C, $f > 100$ kHz)	3,2
Germanium	16,6		



## Zündspannung Durchbruchspannung

Vorgänge, bei denen elektrischer Strom durch gasförmige Materie fließt, werden als Gasentladung bezeichnet. Der Stromfluss ist nur nach Überführen des Gases in einen plasmatischen Zustand möglich.

Gasentladungen benötigen daher eine bestimmte elektrische Mindest-Feldstärke, um zu entstehen oder aufrechterhalten zu werden.

Die Gasentladung strahlt Licht, Ultraviolett- und/oder Infrarotstrahlung charakteristischer Wellenlängen aus, weil außer der Ionisation auch Anregung von Hüllenelektronen stattfindet, die beim Rückfall auf niedrigeres Energieniveaus Photonen charakteristischer Energien emittieren.



## Zündspannung Durchbruchspannung

Es besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen

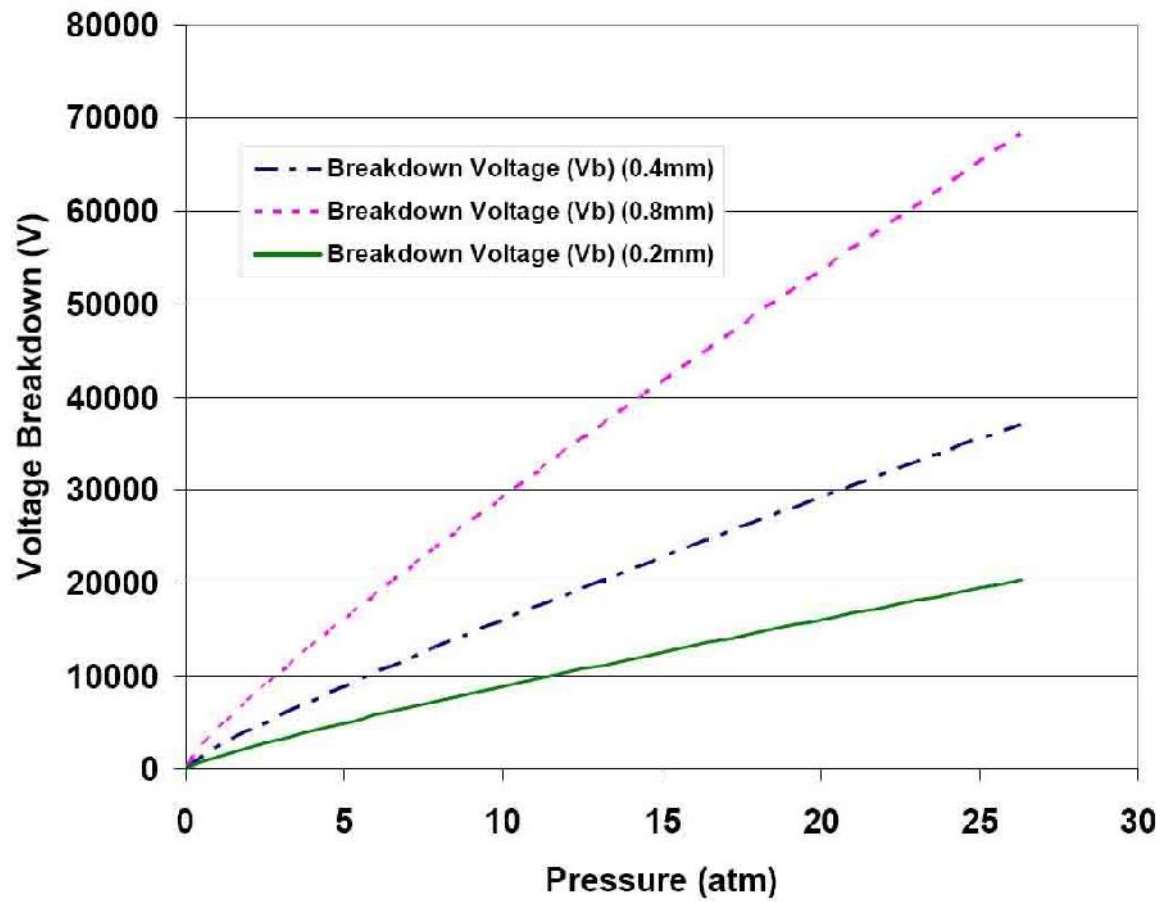
- Feldstärke
- Spannung an den Elektroden
- Elektrodenabstand und
- Eigenschaften des Gases zwischen den Elektroden

$$U = E * d$$

**Die notwendige Spannung zu Ionisation des Gases zwischen den Elektroden nennt man Durchbruchspannung**



# Zündspannung Durchbruchspannung



## Zündspannung Hochspannung

Eine elektrische Spannung über 1.000 Volt (1 kV) wird im Allgemeinen als Hochspannung bezeichnet. In den VDE-Vorschriften werden einheitlich Spannungen bis 1 kV als Niederspannung und über 1 kV als Hochspannung bezeichnet

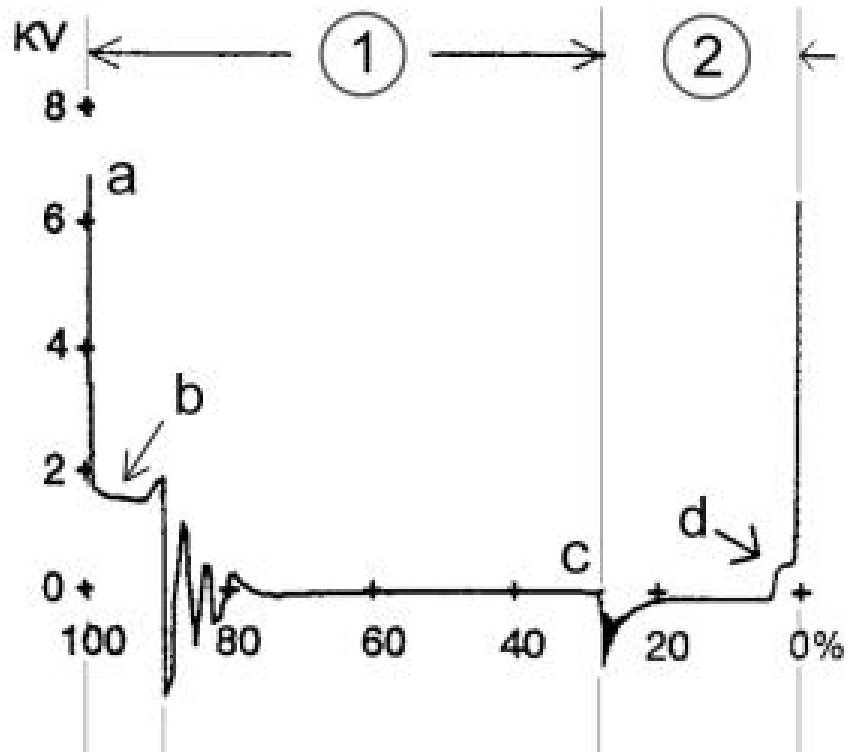
### **Arbeitsicherheit !!!**

Die allgemeine Regel lautet: 50 V Wechselspannung oder 120 V Gleichspannung sind die Grenze der höchstzulässigen Berührungsspannung

Bereits 50 mA Strom können tödlich sein

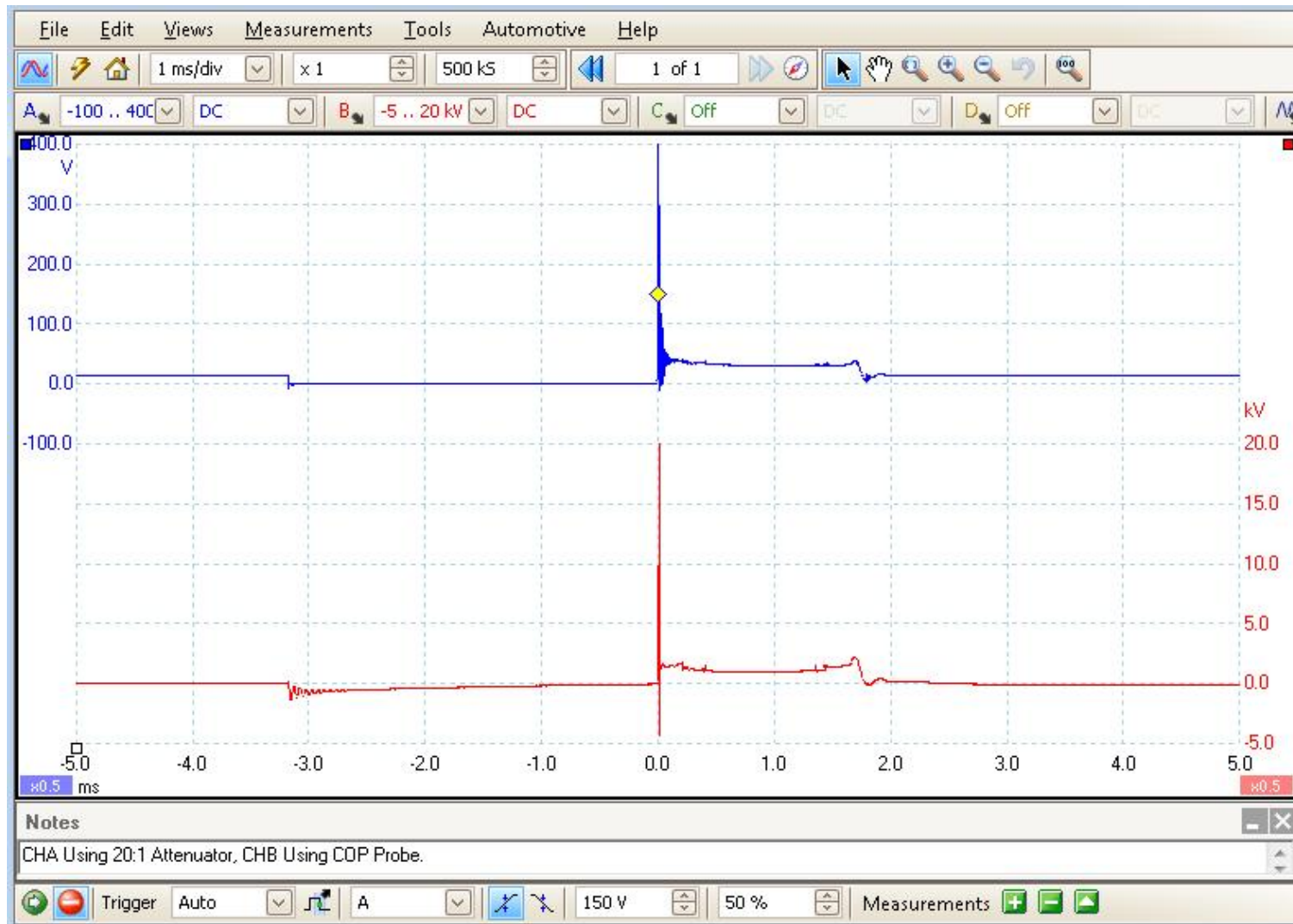


## Zündspannung Zündspannungsverlauf



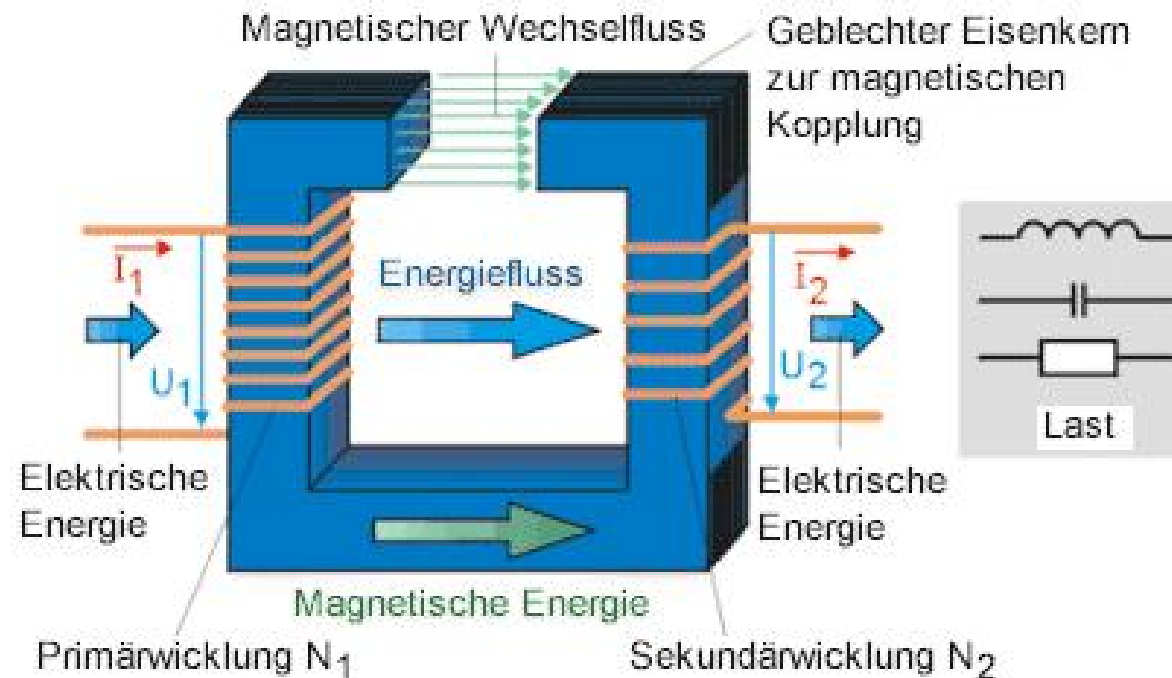
- 1 Öffnungsabschnitt
- 2 Schließabschnitt
  
- a Durchbruch (Zündfunke entsteht)
- b Brennspannung
- c einschalten Ladestrom
- d Strombegrenzung

# Zündspannung Zündspannungsverlauf



## Zündspannung Transformator

Zwei Spulen sind durch einen Eisenkern magnetisch gekoppelt.  
An die Primärwicklung wird Wechselspannung angelegt.  
Es entsteht ein magnetischer Wechselfluss.  
Dieser induziert in der Sekundärwicklung eine Spannung. Die Sekundärseite wird belastet.  
Der Transformator überträgt also Leistung mit anpassbaren Spannungs- und Stromverhältnissen.



## Zündspannung Transformator

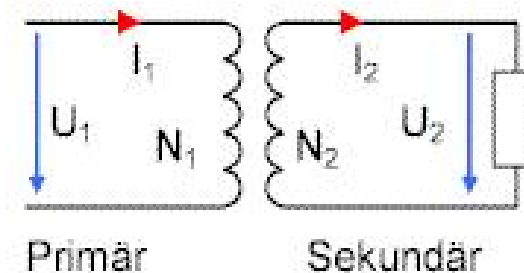
Beim idealen Transformator sind die Spannungen an den Wicklungen aufgrund der elektromagnetischen Induktion proportional zur Änderungsgeschwindigkeit des magnetischen Flusses und zur Windungszahl der Wicklung.

Daraus folgt, dass sich die Spannungen so zueinander verhalten wie die Windungszahlen.

(1=Primärseite; 2=Sekundärseite)

$$U(2) = N2 / N1 * U(1)$$

Mit einem Transformator können Wechselspannungen sowohl hochtransformiert werden, indem  $N2$  größer als  $N1$  gewählt wird, oder heruntertransformiert, wenn  $N2$  kleiner als  $N1$  gewählt ist





## Zündspannung

### Transformation von Gleichstrom ?!

Die Speicherung elektrischer Energie im KFZ basiert auf Gleichstrom. Selbst die aus mechanischer Energie umgeformte elektrische Energie (Generator) wird zu Gleichstrom gerichtet.

Gleichstrom lässt sich **nicht** transformieren !! (Ausnahme Supraleitung)

Transformatoren werden in Zündsystemen als reine Transformatoren und als Zündspulen zur Transformation und kurzzeitigen Energiespeicherung eingesetzt.

Die Transformation der (Gleichstrom) Versorgungsspannung wird durch die Magnetfeldänderung beim Ein-und Ausschalten ermöglicht

## Zündspannung

### Transformation von Gleichstrom ?!

Zündspule (Energiespeicher **und** Transformator)

Lamellierter Eisenkern

Primärwicklung

Sekundärwicklung

Deckel mit Kontakten

Vergußmasse

Typische Spulendaten sind:

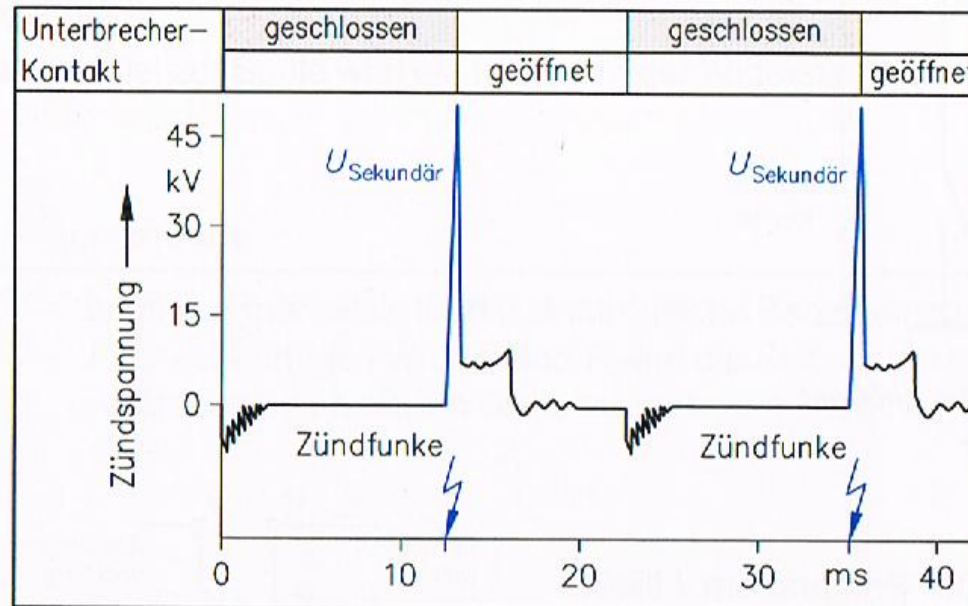
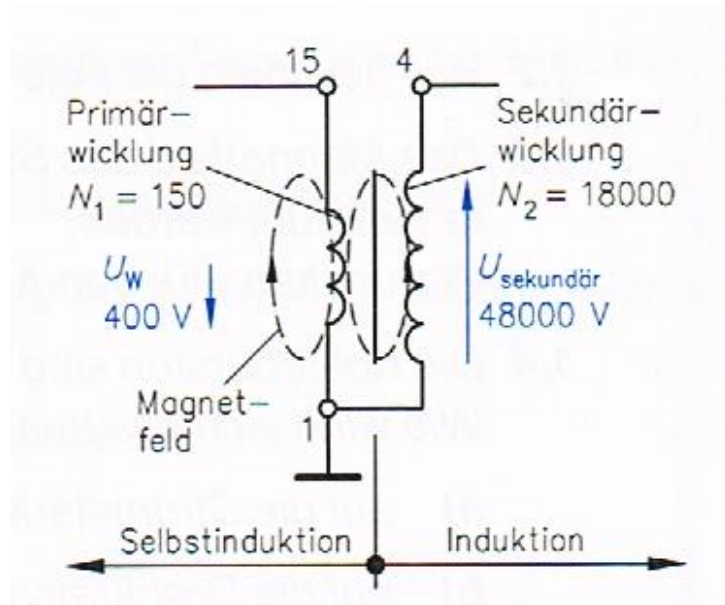
Windungsverhältnis ~ 1:100

Primärinduktivität einige mH

Primärwiderstand 0,2  $\Omega$  bis 5  $\Omega$ .



## Zündspannung Transformation von Gleichstrom ?!



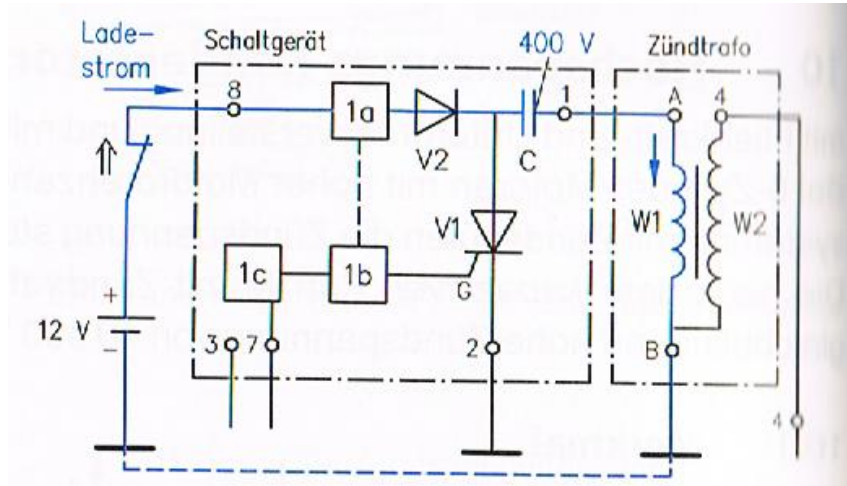
Zündspannung in der Sekundärwicklung

## Zündspannung Transformation von Gleichstrom ?!

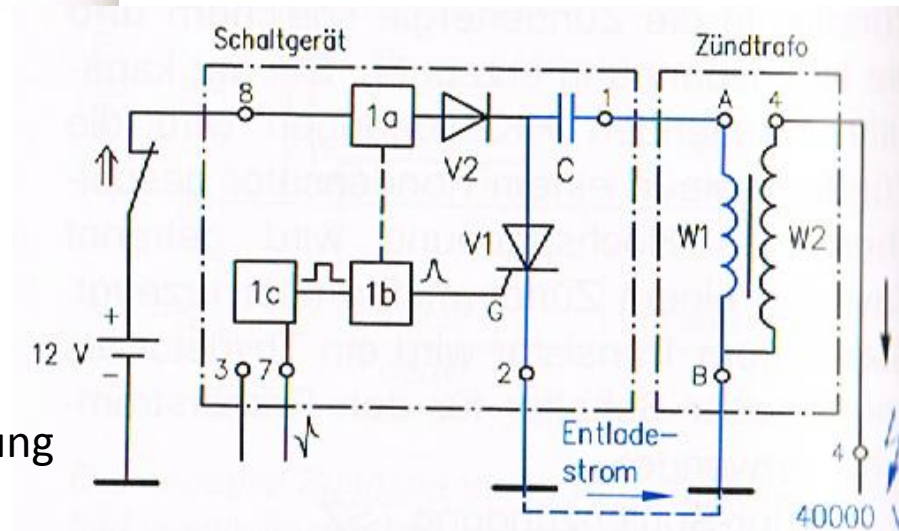
Zündtransformatoren



# Zündspannung Transformation von Gleichstrom ?!



Kondensatorladung



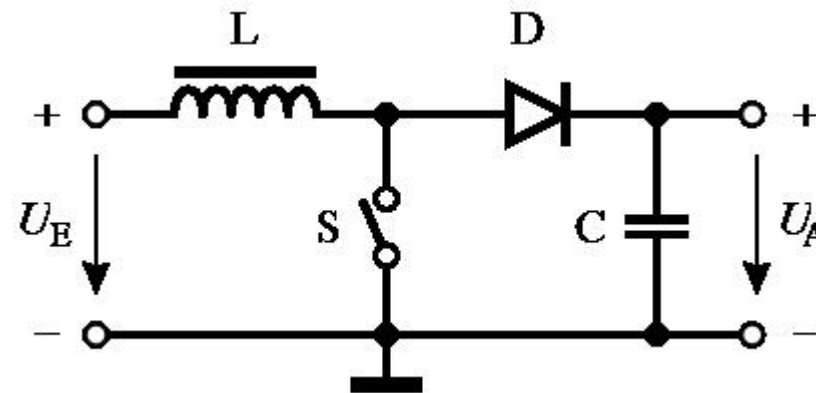
Transformation zu Hochspannung

## Zündspannung Spannungswandler

### Beispiel Aufwärtswandler

Die Spannungserhöhung durch **Selbstinduktion** beim Anlegen von Spannung an die Spule (L) wird dazu benutzt, den Kondensator (C) mit einem elektrischen Feld zu „laden“, dessen Spannung höher als die Versorgungsspannung ist.

$$U_A \gg U_E$$



## Zündzeitpunkt

Abhängigkeiten  
Zeitmanagement ( Zündanlagen )  
Sensorik  
Kennfelder  
Einschaltfunke





## Zündzeitpunkt Abhängigkeiten

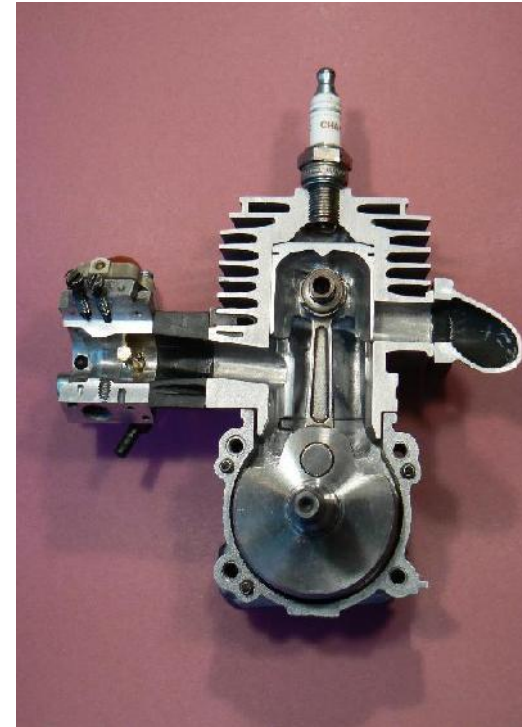
Der Zündzeitpunkt bestimmt den Beginn der Verbrennung

Der Zündzeitpunkt wird in ° Kurbelwellenwinkel vor OT ausgedrückt

Wegen Zündverzugszeit, Brenngeschwindigkeit des Arbeitsgases und der „Klopffestigkeit“ des Treibstoffes wird der Zündzeitpunkt so früh als nötig und so spät als möglich gewählt.

**Für diese Grundabhängigkeiten wird ein Grundzündzeitpunkt eingestellt**

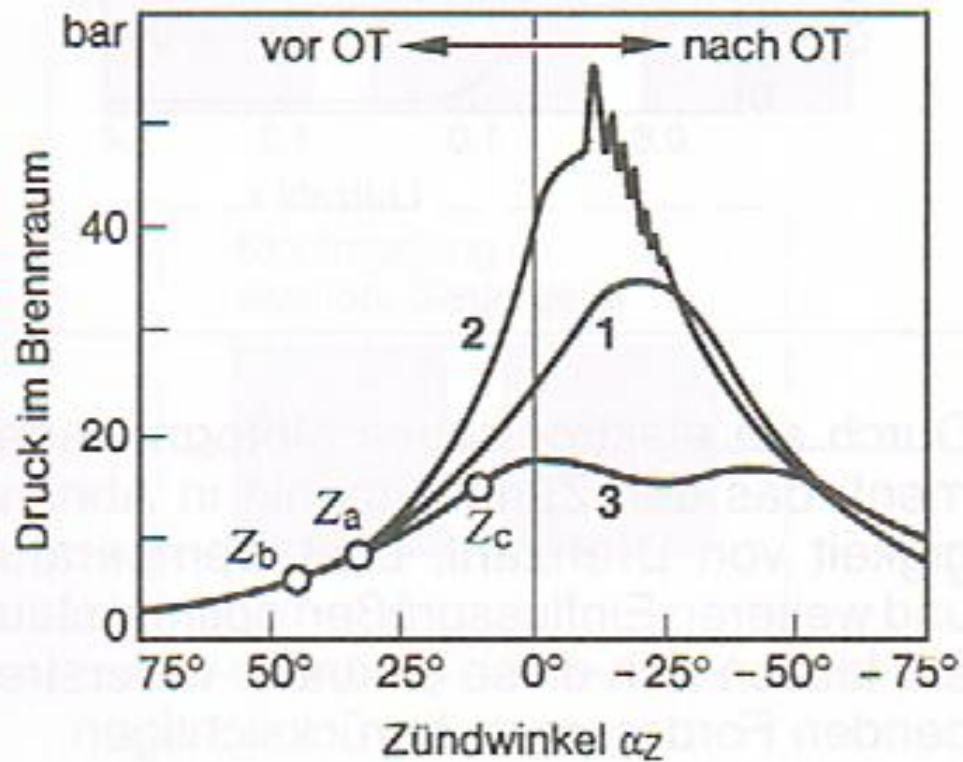
Wegen **instationärer** Betriebsbedingungen muss der Zündzeitpunkt ständig dem aktuellen Bedarf angepasst werden.





## Zündzeitpunkt Abhängigkeiten

Druckverlauf im Brennraum (in Abhängigkeit vom ZZP)



$Z_a = 1 = \text{optimal}$   
 $Z_b = 2 = \text{Klopfen}$   
 $Z_c = 3 = \text{geringer Arbeitsdruck}$

## Zündzeitpunkt Abhängigkeiten

### Wechselnde Betriebsbedingungen

<b>Bedingung</b>	<b>Auswirkung</b>	<b>Verstellung nach</b>
Hohe Drehzahl	Durchlauf Zündwinkel kürzer	früh
Lastzustand	Brenngeschwindigkeit	entspr. Last
Klopfgrenze überschritten	Druckspitzen	spät
Magergemisch	Schadstoffreduktion	spät
Fettgemisch	größere Leistung	früh
Hohe Ansaugtemperatur	bessere Homogenität	spät
Motortemperatur	dto.	spät
Hohe Kraftstofftemperatur	bessere Verdampfung	spät

## Zündzeitpunkt Zeitmanagement

### **Schließwinkel / Schließzeit**

Der Begriff Schließwinkel stammt aus der Zeit, in der kontaktgesteuerte Zündanlagen verwendet wurden

Er bezeichnet den Drehwinkel der Verteilerwelle ( $1/2 \text{ KW}^\circ$ , 4-Zyl., 4 Takt) in der der Unterbrecherkontakt geschlossen ist und markiert so die Zeit in der Primärstrom fließt

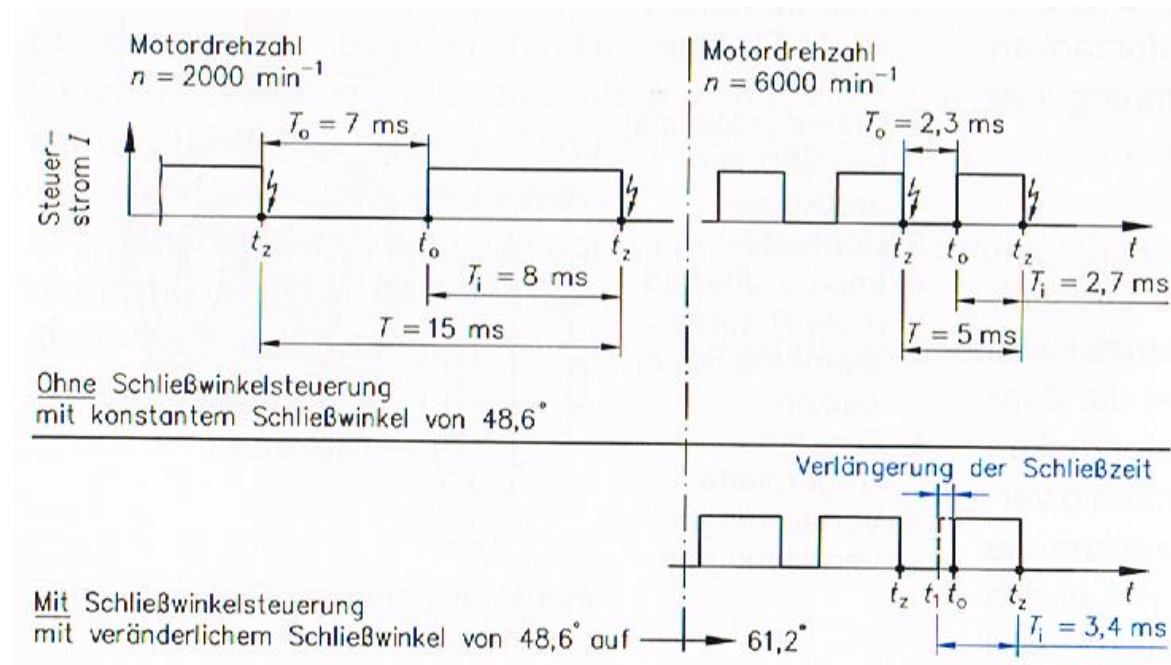
In modernen Zündanlagen wird diese Aufgabe von der Schließzeitsteuerung übernommen

Die Schließzeit muss mit der Zeitkonstante des Energiespeichers übereinstimmen, um ausreichend Zündenergie zur Verfügung zu stellen.

# Zündzeitpunkt Zeitmanagement

## Schließwinkel / Schließzeit

### Schließzeitsteuerung



Vorverlegung  
Schließbeginn  
!!

## Zündzeitpunkt Zeitmanagement

### Schließwinkel / Schließzeit

Berechnung Schließwinkel → Schließzeit (Beispiel)

4 Zylinder 4-Takt-Motor,  $n_{KW} = 4.500 \text{ min}^{-1}$ , Schließwinkel  $52^\circ$ , Kontakt verteilerwellengesteuert

Gesucht: Schließzeit

- $t_s = \alpha / (3 * n) = 2 * 52 / 6 / 4.500 = 3,85 \text{ ms}$

## Zündzeitpunkt Zeitmanagement

### Schließwinkel / Schließzeit

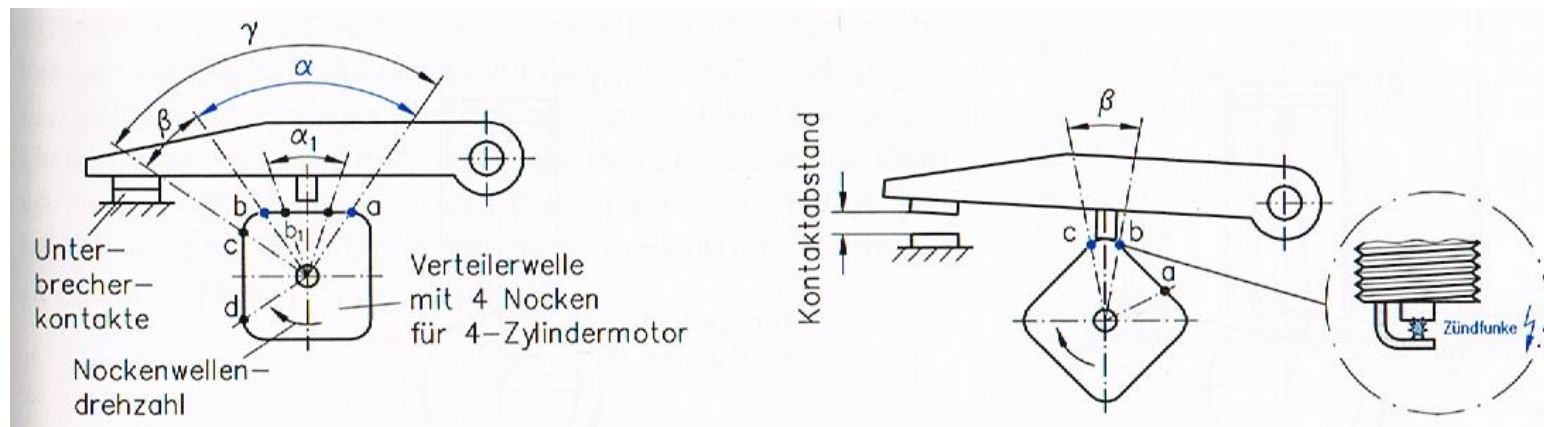
Welchen elektrischen Widerstand muss eine Zündspule mit 12,2 mH Induktivität aufweisen, wenn sie in einem 4-Takt, 4-Zylinder-Motor, Kontakt verteilerwellengesteuert, verwendet werden soll, wenn der Motor bis 7.200 min<sup>-1</sup> drehen soll und der Schließwinkel 56° beträgt ?

- Schließzeit =  $t_s = \alpha / (3 * n) = 2 * 56 / 6 / 7200 = 2,59 \text{ ms}$
- Widerstand =  $R = L / \tau = 0,0122 / 0,00259 = 4,71 \text{ } \Omega$

## Zündzeitpunkt Zeitmanagement

### Öffnungswinkel / Öffnungszeit

Die durch den Öffnungswinkel definierte Öffnungszeit muss ausreichend dimensioniert sein, um ein Entleeren des Energiespeichers zu gewährleisten



## Zündzeitpunkt Zeitmanagement

### **Funkenfolgezeit**

ist die Zeit zwischen 2 aufeinanderfolgenden Funken  
berechnet zu

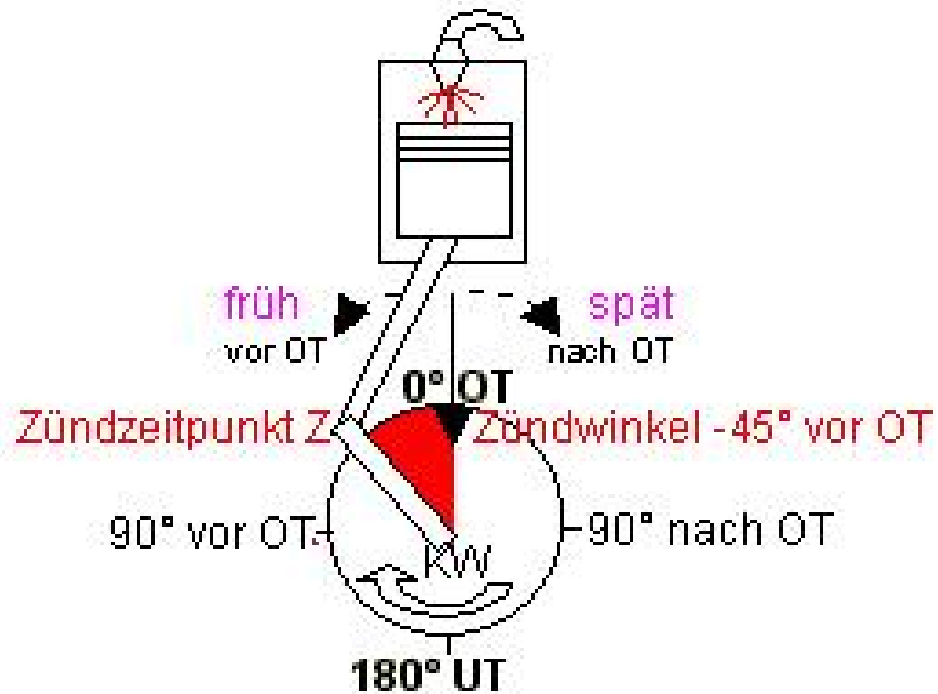
$$t_D = \text{Schließwinkel} + \text{Öffnungswinkel} / (6 * n)$$

### **Summe der Funken pro Minute (4-Takter)**

$$z_F = n * \text{Zylinderzahl} / 2$$



## Zündzeitpunkt Zeitmanagement

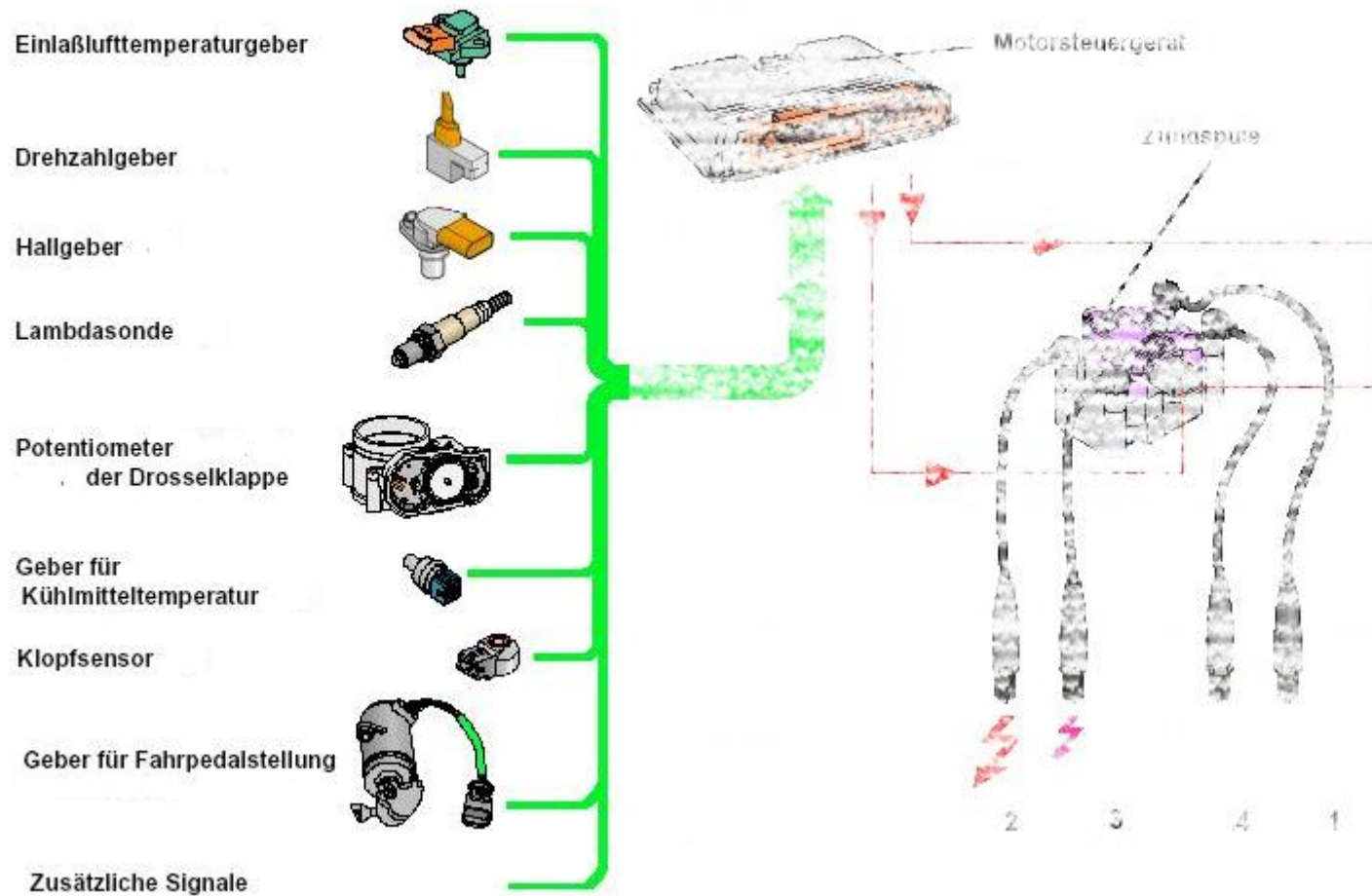


## Zündwinkel

Ist der Winkel, der von der Pleuellagerung zwischen Zündzeitpunkt und OT überstrichen wird

# Zündzeitpunkt Sensorik

## Beispiel der Sensorausstattung einer Zündanlage



Zündzeitpunkt  
Sensorik  
Drehzahl

### Mechanischer Sensor, gleichzeitig Aktuator

Verstellnocken

Feder

Kontaktträger

Drehrichtung ←

niedrige Drehzahl

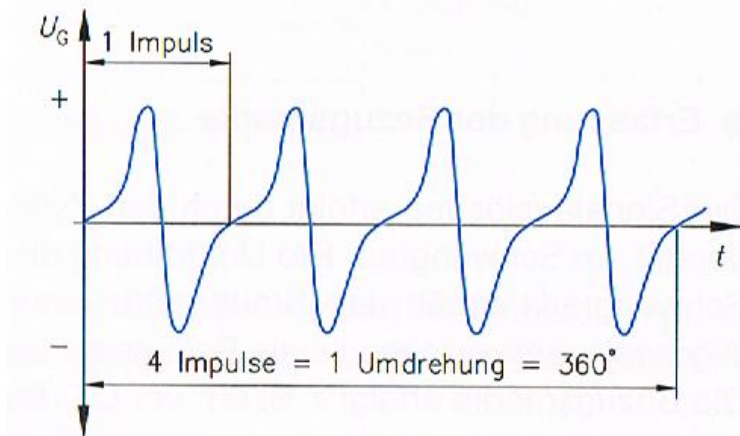
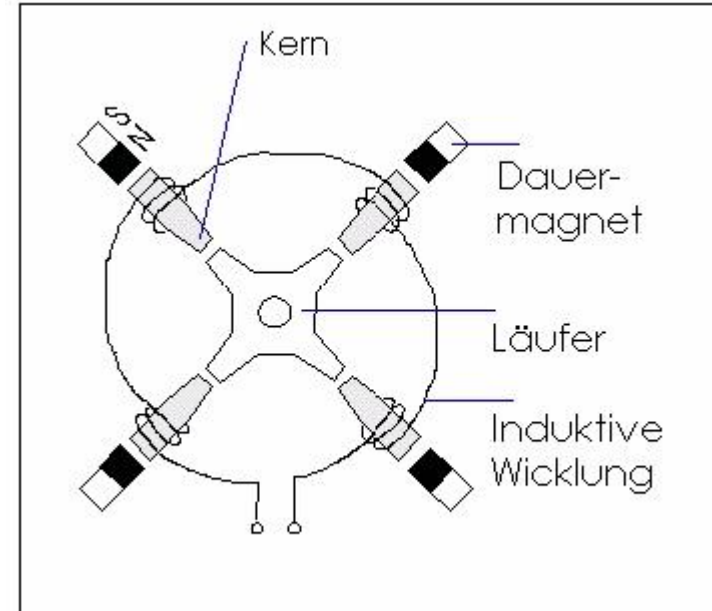
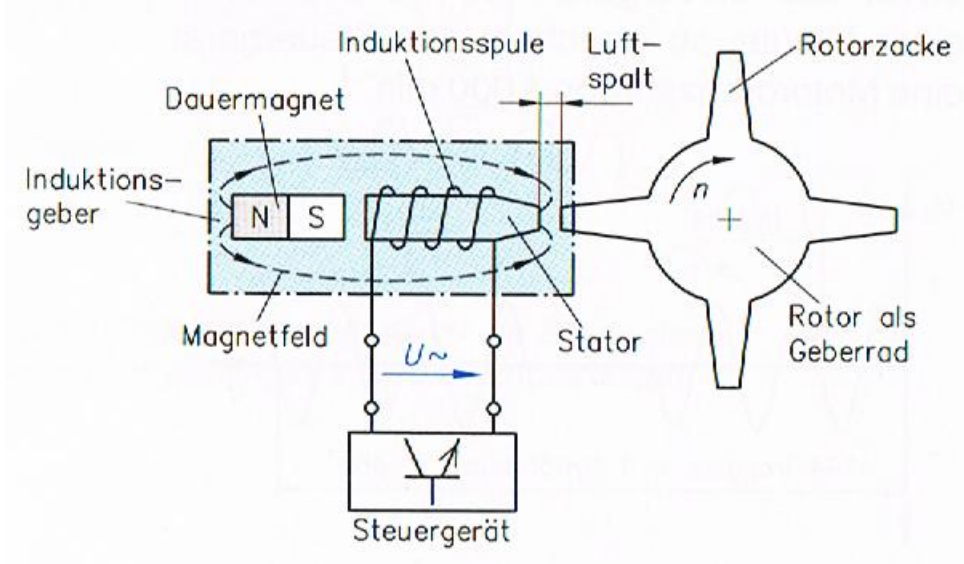
Fliehgewicht

hohe Drehzahl



Zündzeitpunkt  
Sensorik  
Drehzahl

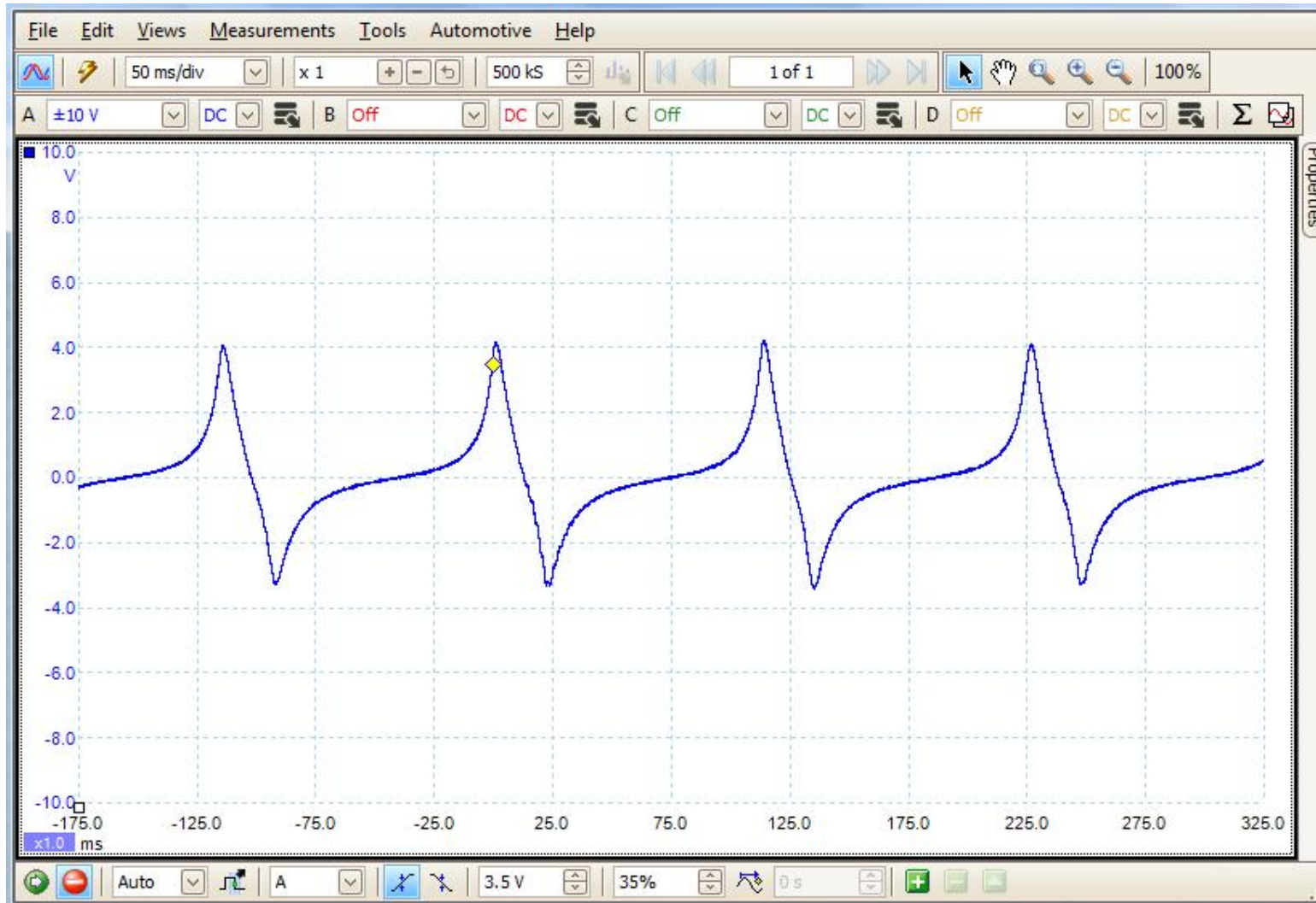
# Induktionsgeber





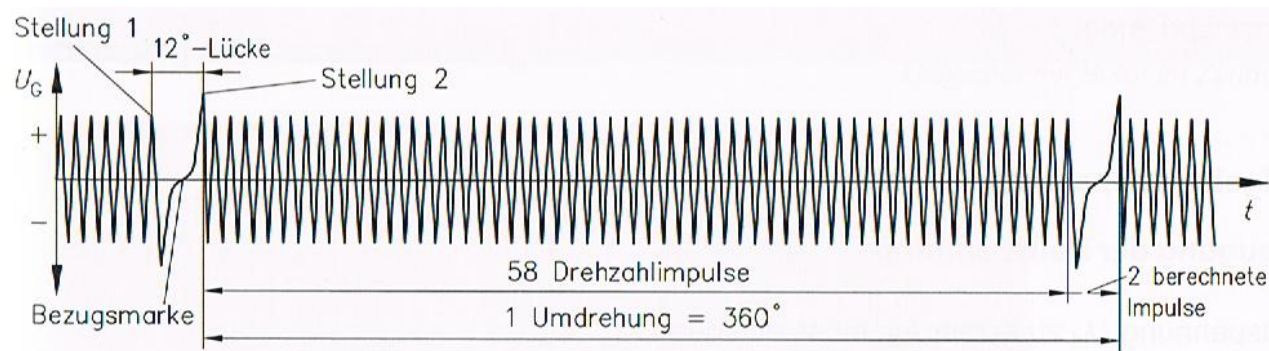
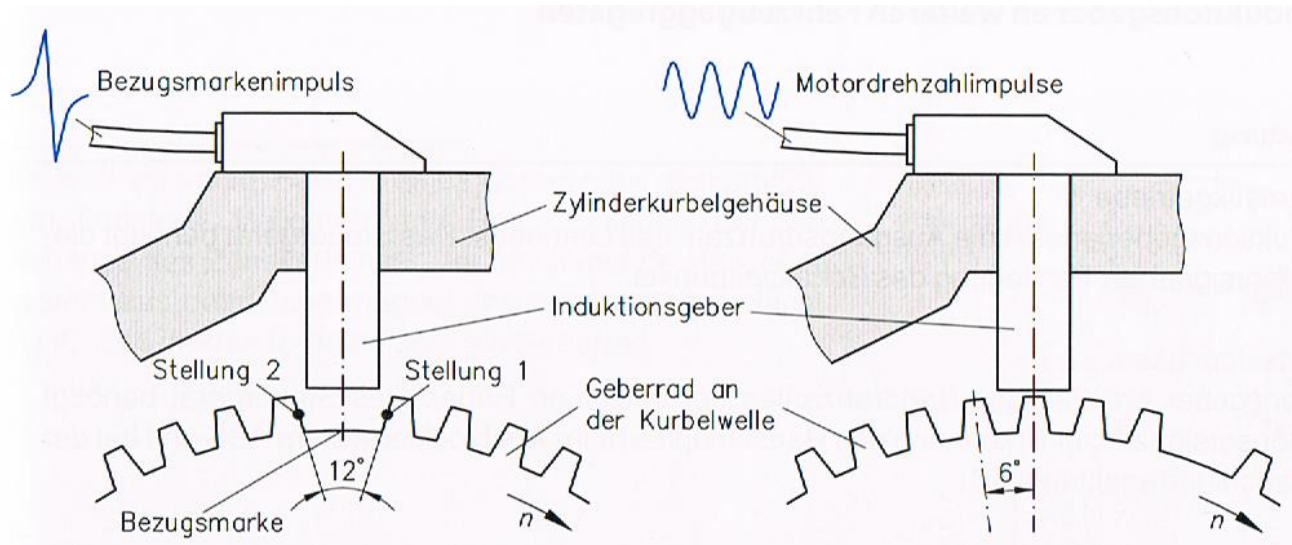
Zündzeitpunkt  
Sensorik  
Drehzahl

Induktionsgeber



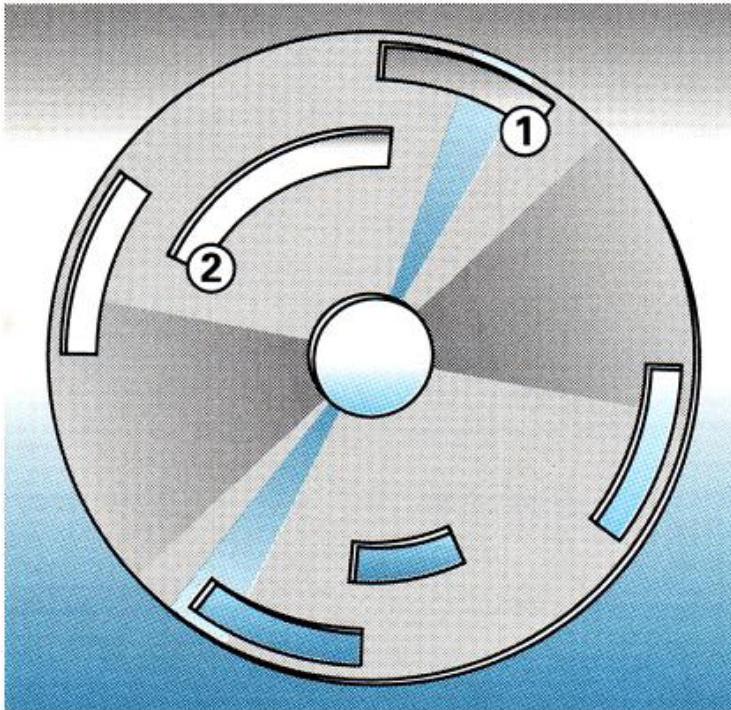
# Zündzeitpunkt Sensorik Drehzahl

## Induktivegeber (Drehzahl + Position)

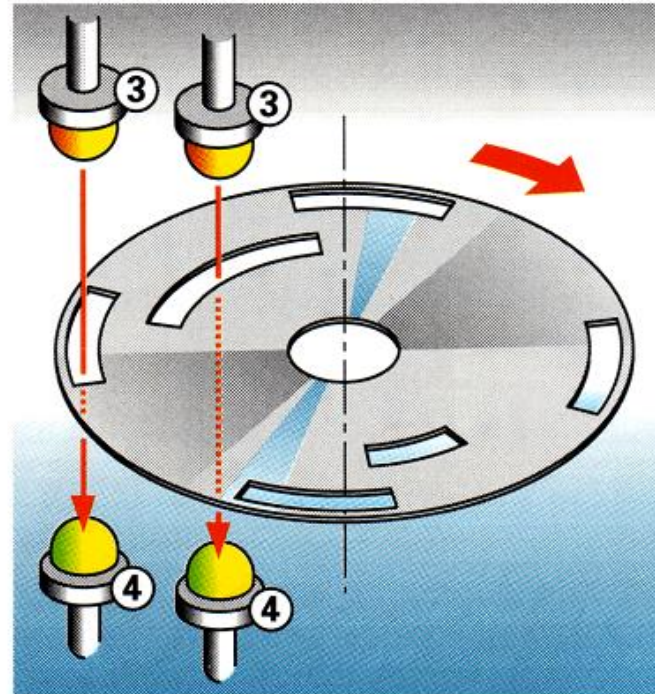


Zündzeitpunkt  
Sensorik  
Drehzahl

Optischer Sensor (**Drehzahl + Position**)



Lochscheibenrad für optischen  
Drehzahlsensor

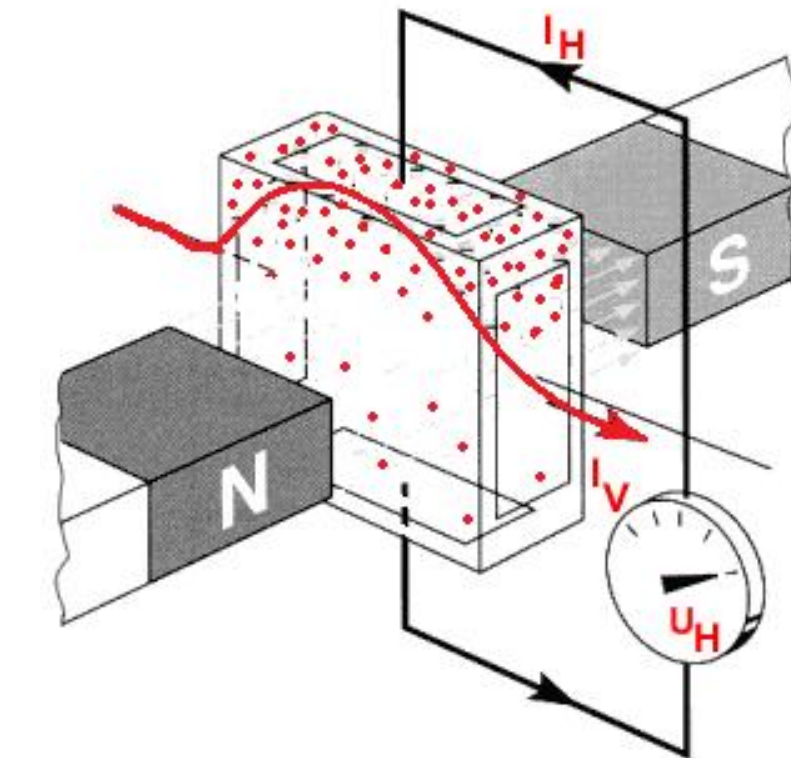


1 = Schlitz für Kurbelwinkelgeber, 2 = Schlitz  
für OT-Geber, 3 = LED, 4 = Fotodioden



Zündzeitpunkt  
Sensorik  
Drehzahl

## Hall - Sensor (**Drehzahl + Position**)



→ Flussweg der Elektronen

### Funktionsprinzip

Auf einen stromdurchflossenen Halbleiter ( $I_V$ ) wirkt ein Magnetfeld. Die Flußrichtung der Elektronen wird dadurch „verschoben“. Es entsteht eine unterschiedliche Elektronendichte an Kopf- und Fußseite des Halbleiters und damit eine auswertbare Spannungsdifferenz ( $U_H$ ).

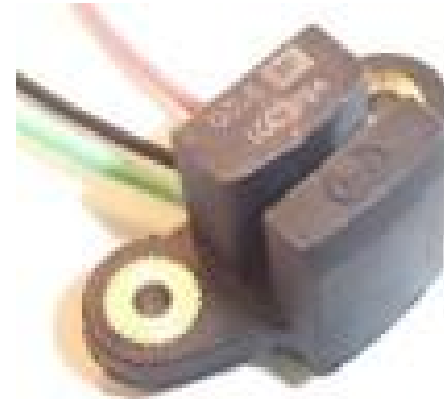


Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Drehzahl**

## Hall - Sensor (**Drehzahl + Position**)

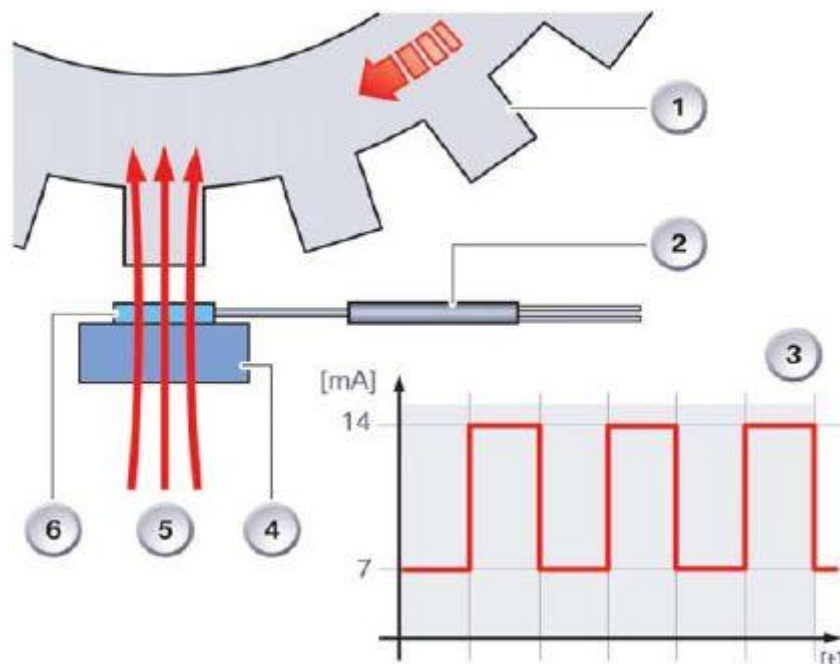
### Typische Eigenschaften

großer Temperaturbereich -40 – 150 °C  
Anstieg-/Abfallzeit (mit Blende)  $\sim 2\mu\text{s}$   
kostengünstig



Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Drehzahl**

**Hall - Sensor (Drehzahl + Position)**



schematische Darstellung

- 1 Inkrementenrad
- 2 Auswerteelektronik
- 3 Signaldarstellung
- 4 Permanentmagnet
- 5 Magnetfeldlinien
- 6 Sensorelement

## Zündzeitpunkt

### Sensorik

#### Last

Zur Bestimmung der momentanen Motorlast wird häufig der Ansaugvolumenstrom als Messgröße verwendet. Er wird direkt oder implizit gemessen.

Durch Signalkombination (aus weiteren Sensoren) lässt sich die Masse der Ansaugluft bestimmen. Heissdraht- und Heissfilmsensoren messen direkt die **Luftmasse**

- Saugrohrdruck
  - Druckmessdose
  - Piezodruckmesser
- Drosselklappenpotentiometer
- Stauklappe
- Kàrmàn-Vortex
- Fototransistor
- Heissdraht-/Heissfilm

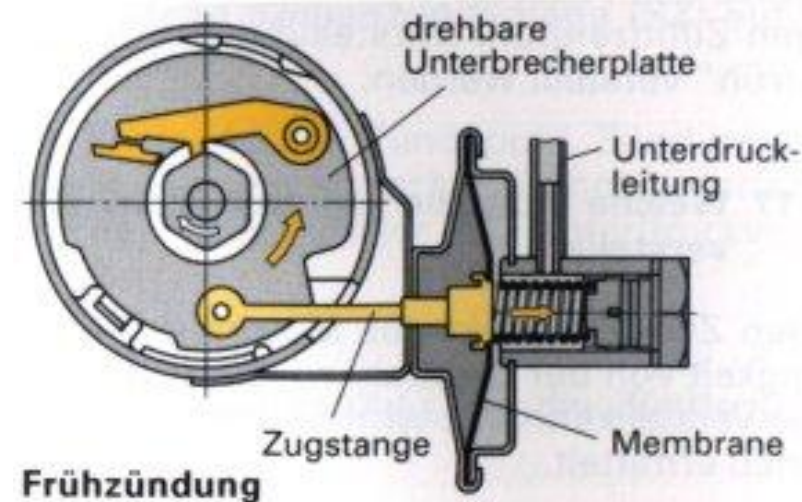
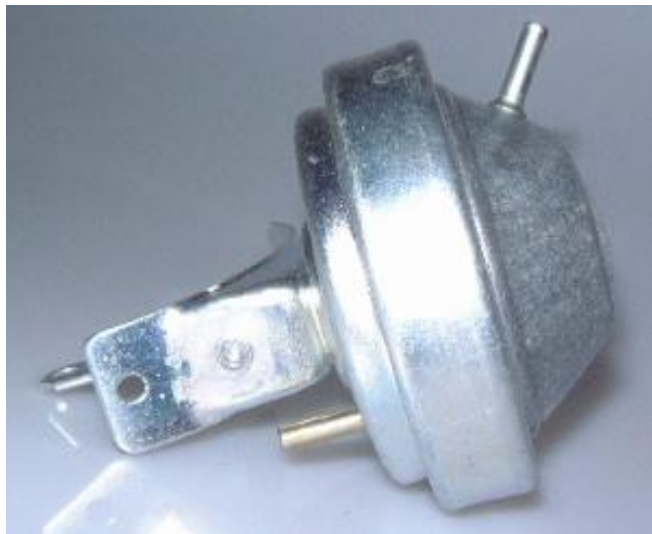


Zündzeitpunkt

Sensorik

Last

Saugrohrdruck - Druckmessdose



Konventionelle Verteilerzündanlage  
Abgriff des Saugrohrdrucks (damit  
implizit der Motorlast), Verstellung  
der Grundplatte ( Kontaktträger)

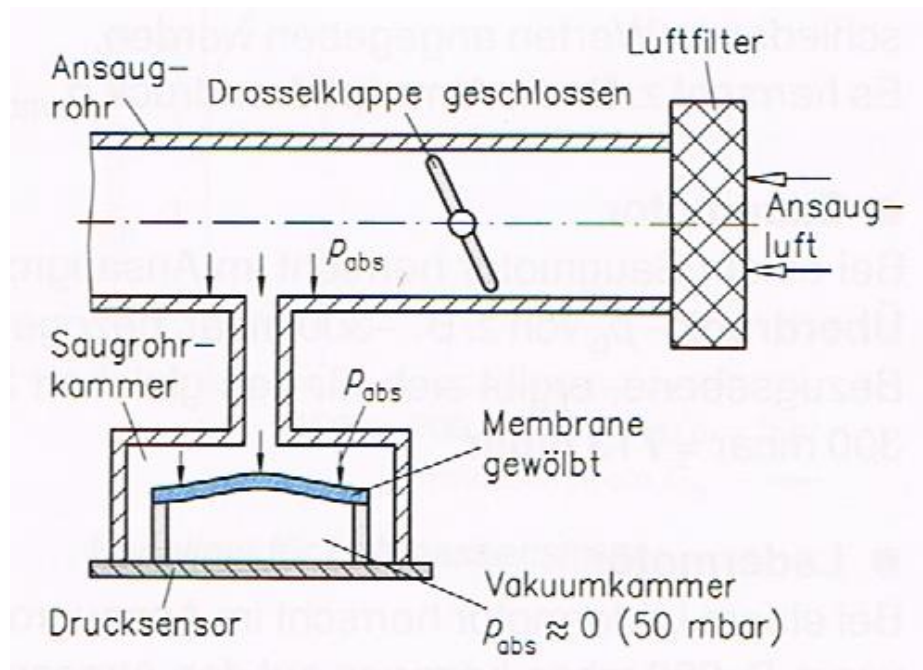
Zündzeitpunkt

Sensorik

Last

Saugrohrdruck - Piezodruckmesser

(als MAP-Sensor bezeichnet)

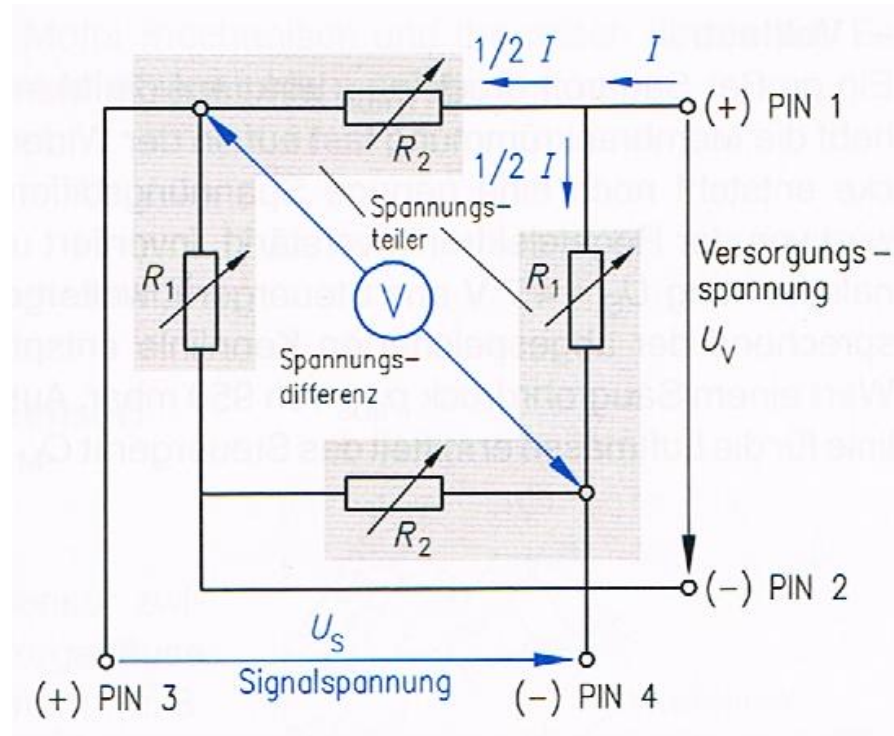
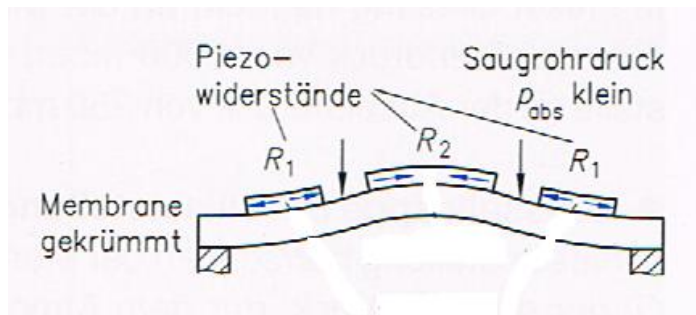


## Zündzeitpunkt

### Sensorik

#### Last

#### Saugrohrdruck - Piezodruckmesser

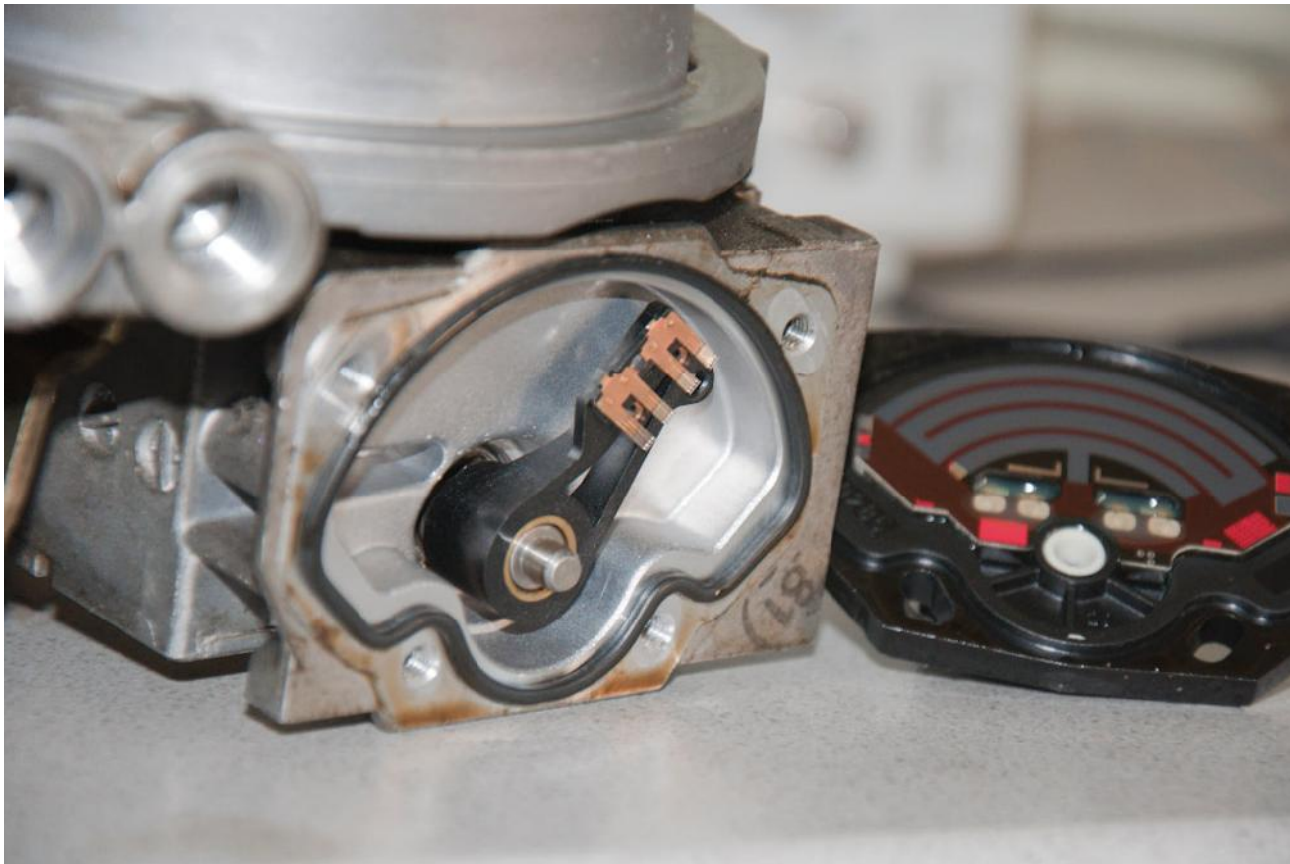


**Vollast** → Membrane gerade → gleiche Spannung an allen R → PIN 3 + 4 gleiche Spannung

**Teillast** → Membrane gekrümmt → unterschiedliche R an R1 + R2 → Spannungsdifferenz PIN 3 + 4 =  
Signalspannung

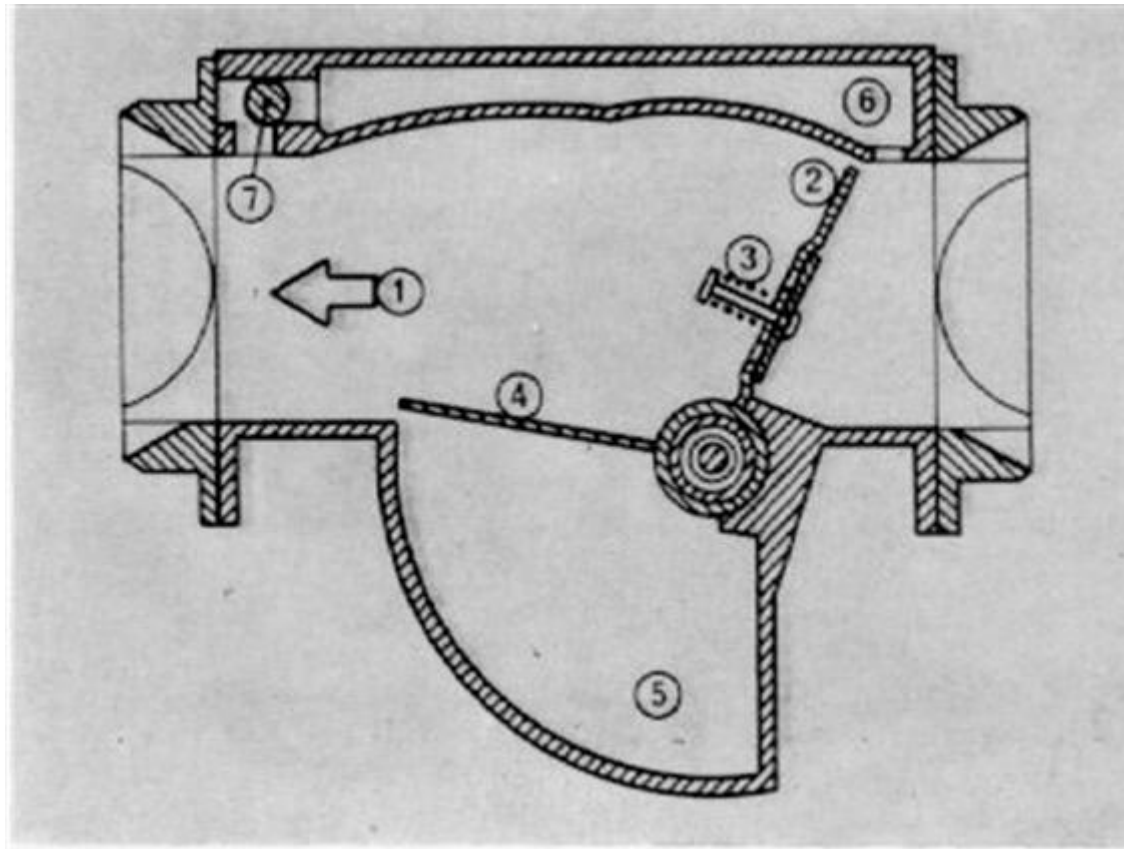


Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Last**  
Drosselklappenpotentiometer



Durch Auslenkung der Drosselklappe verändert sich die Abgrifflänge der Widerstandsschicht im Gehäusendeckel und damit die Signalspannung

Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Last**  
Stauklappe

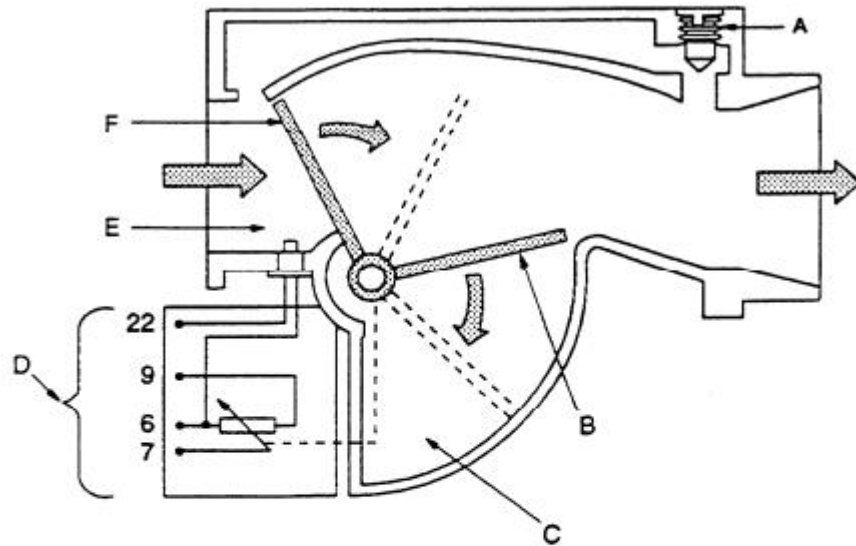


Beispiel BMW E9

- 1 zum Motor
- 2 Stauklappe
- 3 Rückschlagventil
- 4 Ausgleichsventil
- 5 Dämpferkammer
- 6 Bypass
- 7 Einstellschraube



Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Last**  
Stauklappe



Schnittbild Luftmengenmesser.

A = Leerlaufgemisch-Einstellschraube (By-pass); B = Kompensationsklappe;  
C = Dämpfungsvolumen; D = elektrischer Anschluss; E = Sensor Ansauglufttemperatur;  
F = Stauklappe.



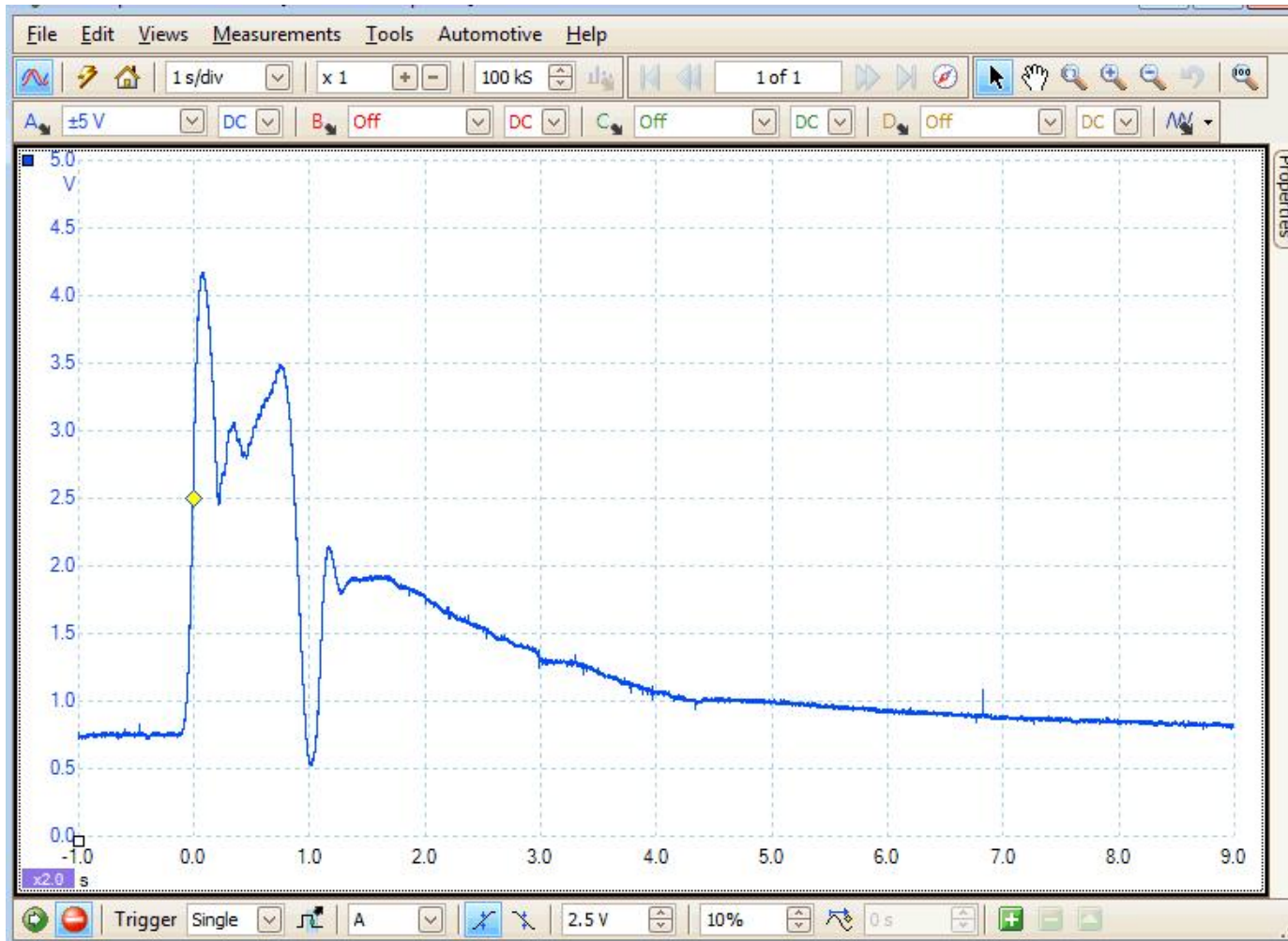
L-Jetronic

Umsetzung der Stauklappenstellung in  
Signalspannung (über Potentiometer)

Leerlauf, CO-Einstellung über A

Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Last**  
Stauklappe

Leerlauf ~ 1V



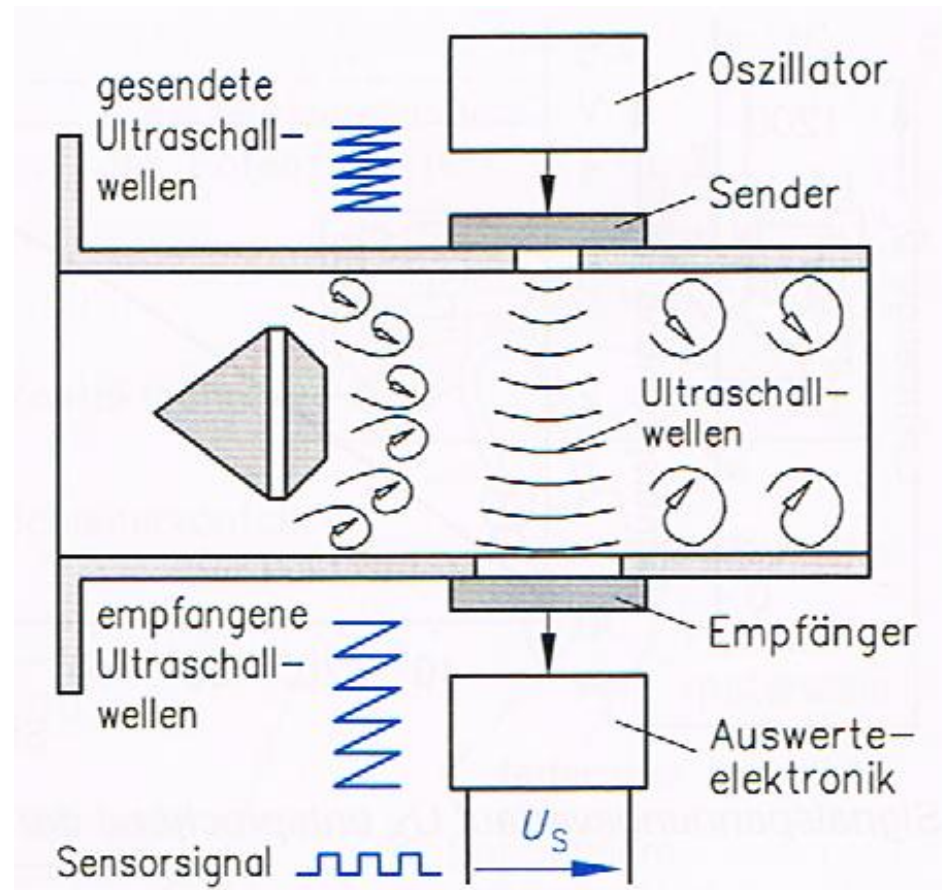
## Zündzeitpunkt

### Sensorik

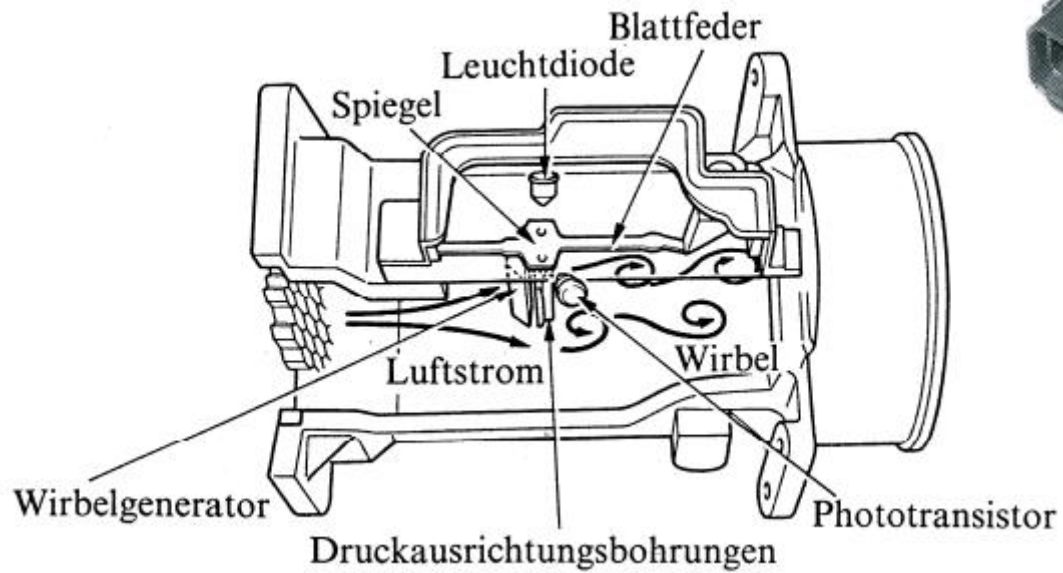
#### Last

#### Kàrmàn-Vortex

Durch „Behinderung“ des Luftstroms entstehen Wirbel, die die eingestrahlte Ultra-Schall-Frequenz modulieren  
bei hoher Luftmenge (=hohe Last) ist das Sensorsignal höherfrequent (aufgrund stärkerer Verwirbelung)



Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Last**  
Kàrmàn-Vortex



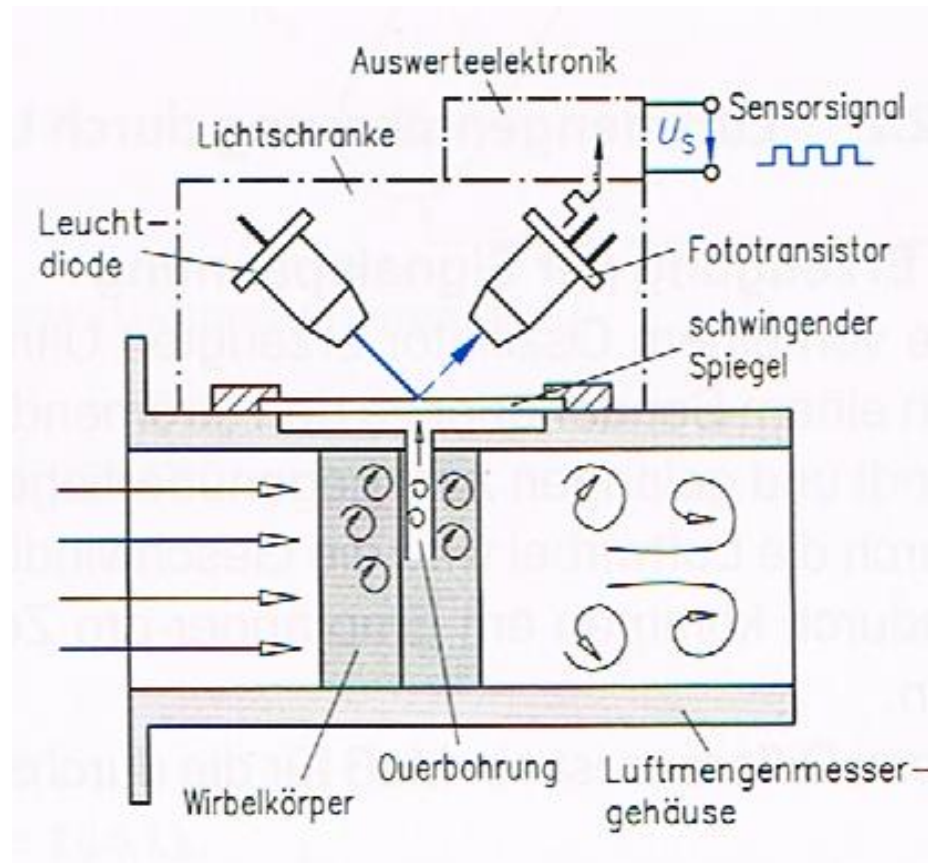


Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Last**  
Fototransistor

Fototransistor (Toyota)

Durch „Behinderung“ des Luftstroms entstehen Wirbel, die die den Spiegel in Vibration versetzen. Dem reflektierten Licht ist die Frequenz der Vibration aufmoduliert

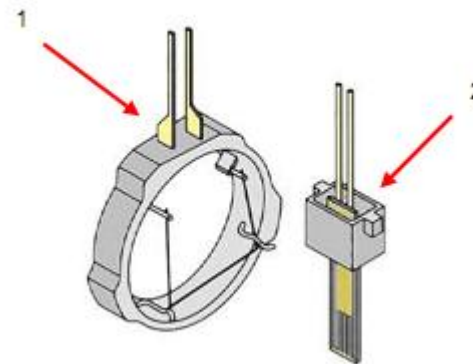
bei hoher Luftmenge (=hohe Last) ist das Sensorsignal höherfrequent (aufgrund stärkerer Verwirbelung)



Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Last**  
Heissdraht

Bosch, LH-Jetronic

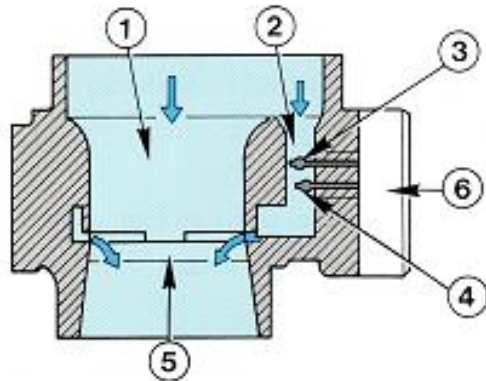
Ansaugluft erzwingt Stromerhöhung  
durch Kühlen des Heissdrahtes ( konstant  
100°C + AST)



- 1 Heissdrahtelement
- 2 Temperaturkompensationswiderstand

Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Last**  
Heissdraht

Hitachi

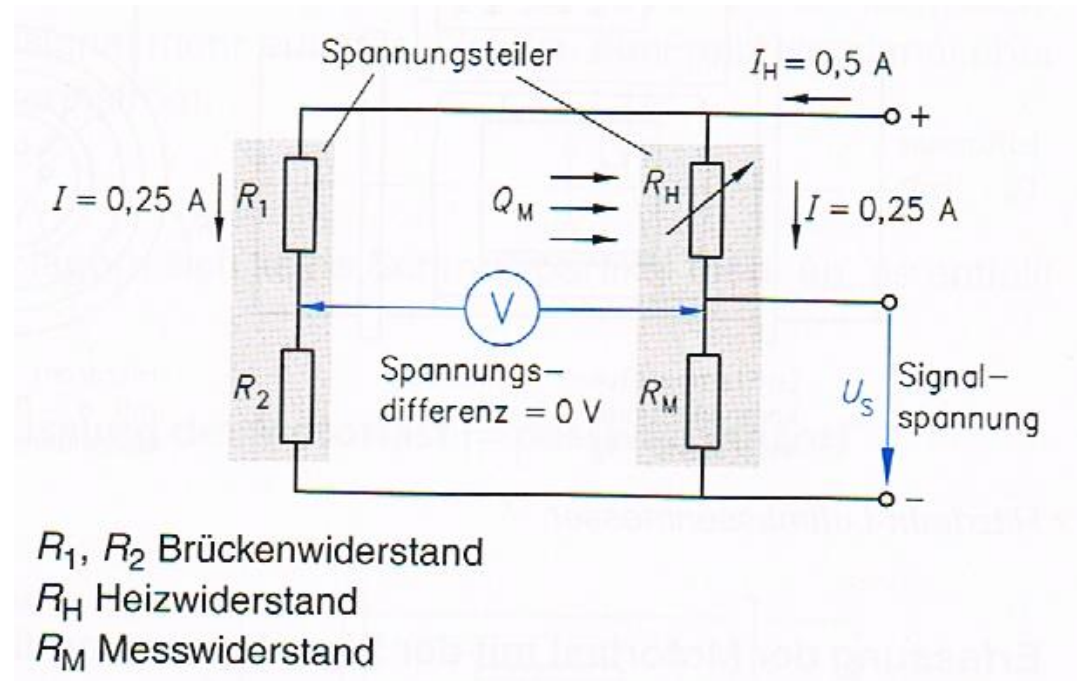


Schnittbild des Luftmassenmessers.  
1 = Hauptkanal; 2 = Bypasskanal;  
3 = Heissdrahtsonde; 4 = Temperatur-  
Kompensationswiderstand; 5 = Venturi;  
6 = Hybrid IC Modul (Steuerelektronik).

Luftmassenmesser mit Heissdraht im Bypass-  
Kanal des Ansaugtrichters mit  
Steuerelektronik.

Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Last**  
Heissdraht

Widerstandsbrückenschaltung  
(Motorstillstand,  $R_H = R_1$ )

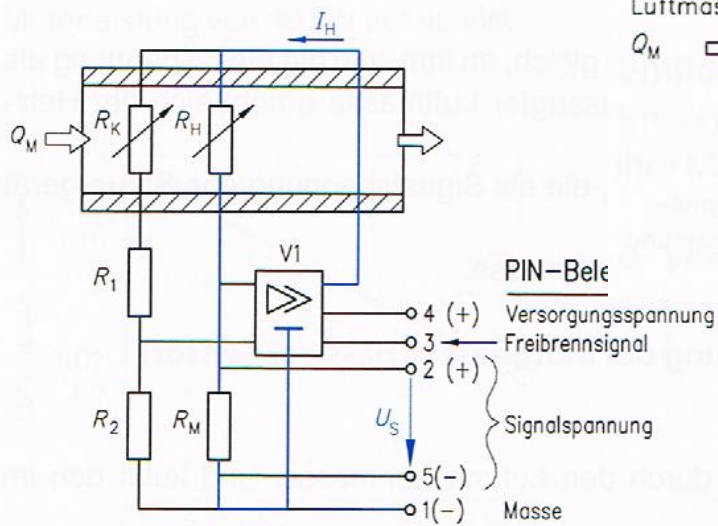


Messprinzip

$R_M = \text{konstant}$ ,  $R_H$  hat PTC-Verhalten  
(kälter  $\rightarrow R \ll$ ), bei Abkühlung wird Spannungsdifferenz gemessen,  
 $V \neq 0$ , = Führungsgröße Stromregelung

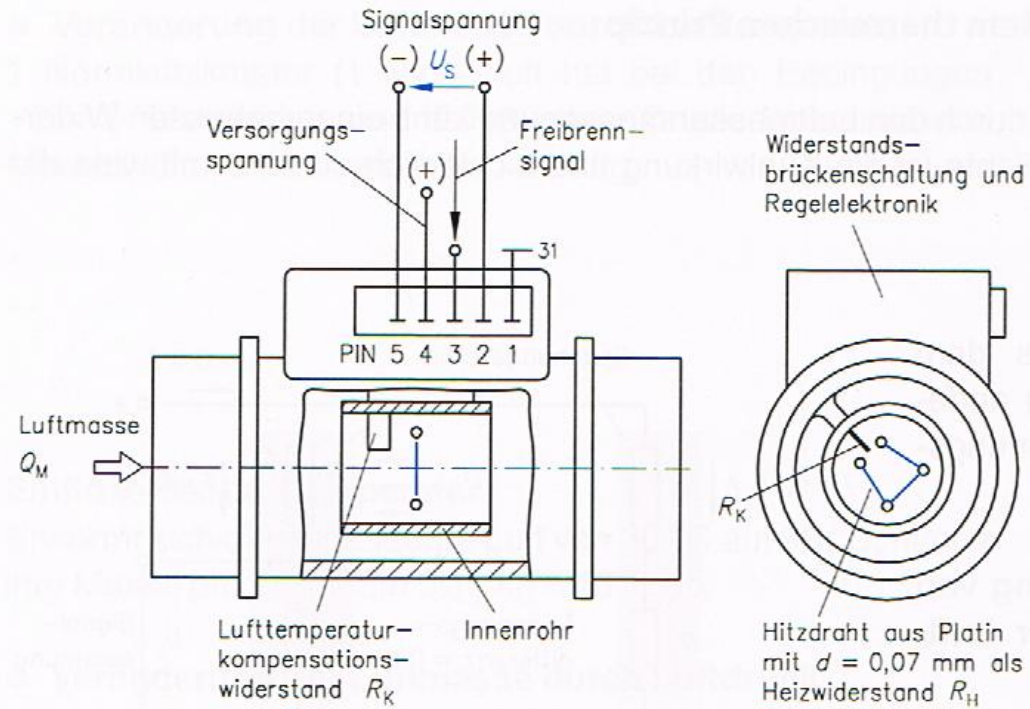


Zündzeitpunkt  
Sensorik  
Last  
Heissdraht

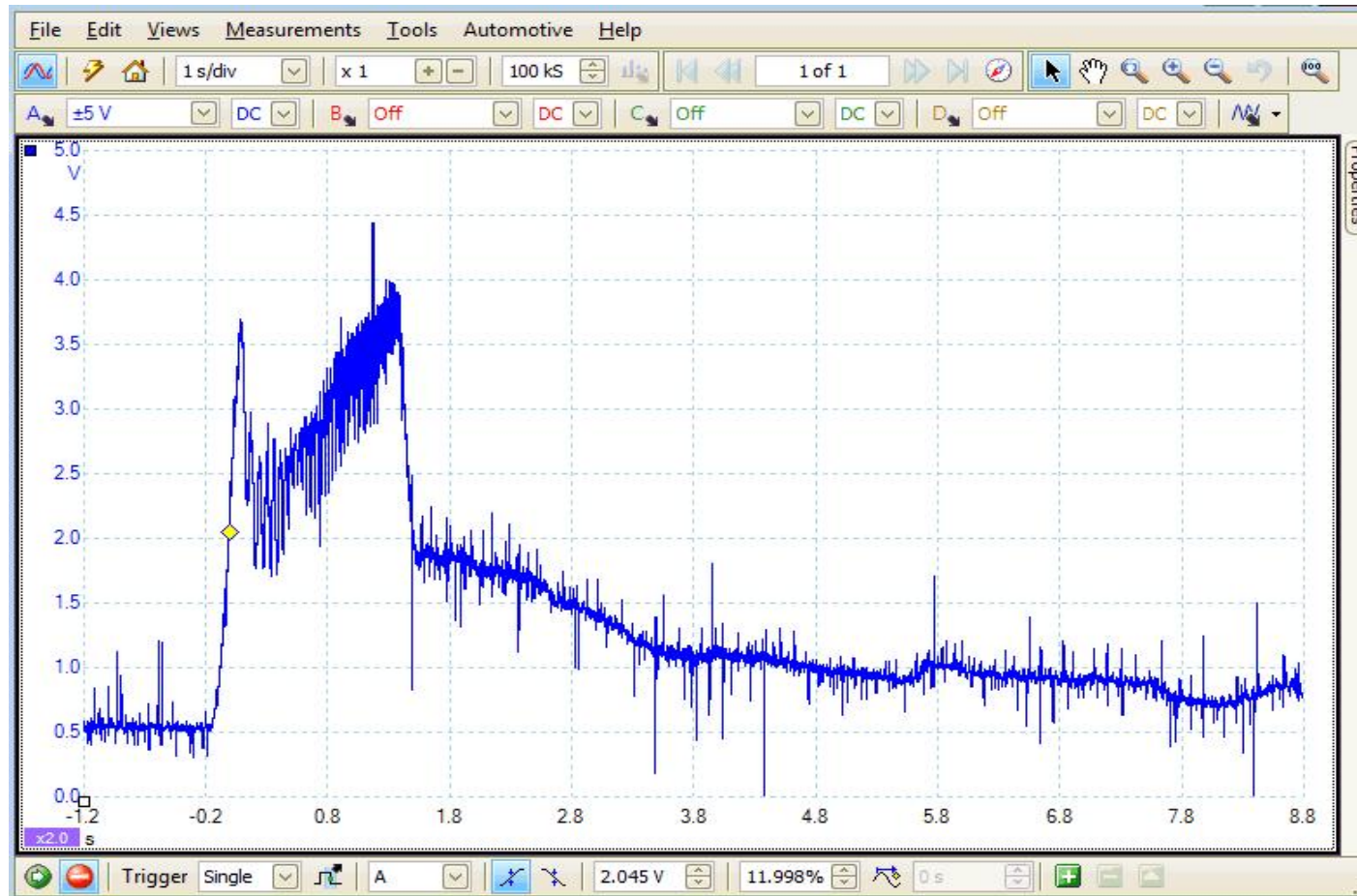


**Widerstandsbrückenschaltung**

- $R_K$  Lufttemperatur-Kompensationswiderstand
- $R_1, R_2$  Brückenwiderstände
- $R_H$  Heizwiderstand des Hitzdrahts (Platin)
- $R_M$  Messwiderstand
- $V_1$  Regelelektronik



Zündzeitpunkt  
Sensorik  
Last  
Heissdraht

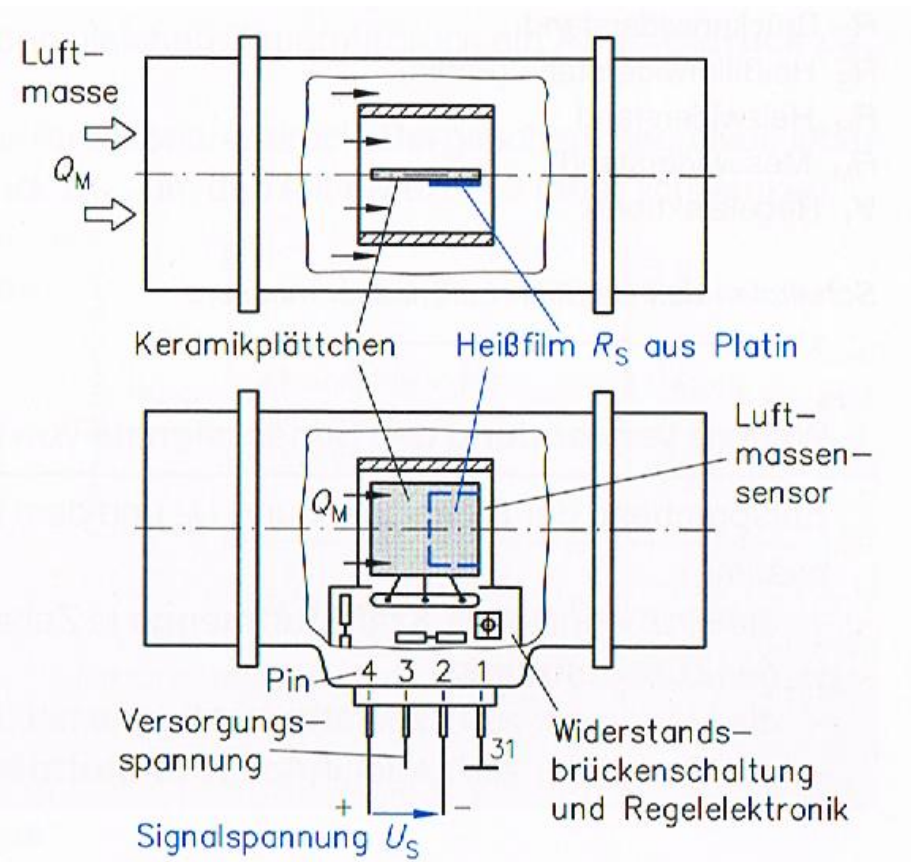


Zündzeitpunkt  
Sensorik  
Last  
Heissfilm

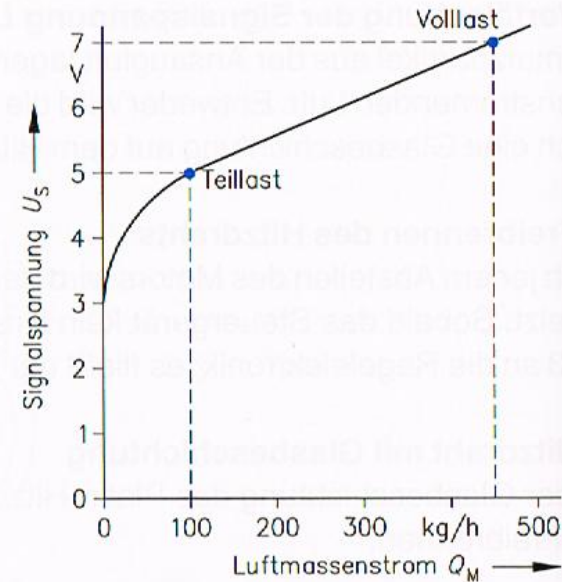
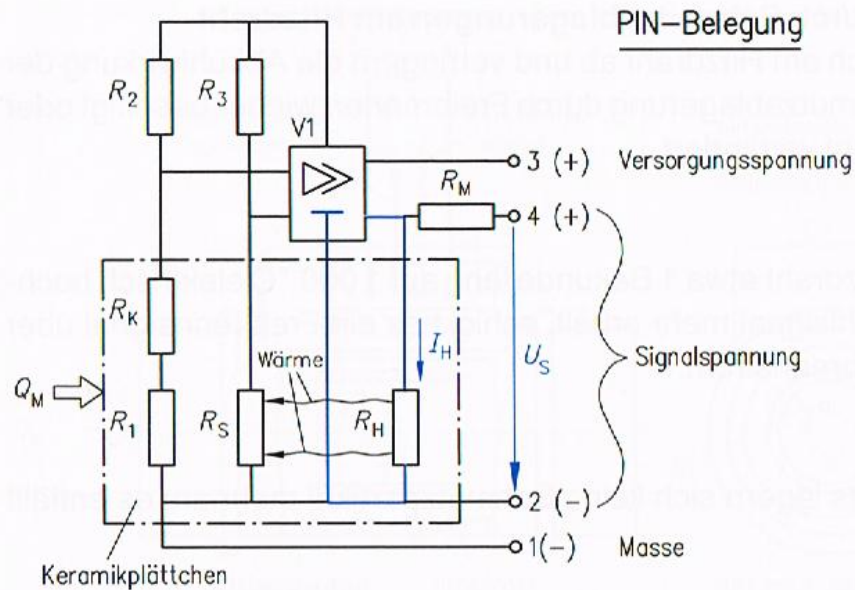


Funktionsprinzip

Luftstrom erzwingt  
Stromerhöhung durch Kühlung  
des Heissfilms (konstant 120-  
160°C + AST, Herstellerspez.)



Zündzeitpunkt  
Sensorik  
Last  
Heissfilm



Kennlinie für Luftmassenstrom

**Widerstandsbrückenschaltung**

- $R_1, R_2$  Brückenwiderstand
- $R_K$  Lufttemperatur-Kompensationswiderstand
- $R_3$  Brückenwiderstand
- $R_S$  Heißfilmwiderstand (Platin)
- $R_H$  Heizwiderstand
- $R_M$  Messwiderstand
- $V_1$  Regelelektronik



## Zündzeitpunkt

### Sensorik

### Klopfen

„Klopfen“ ist die Auswirkung unkontrollierter (nicht durch das Zündsystem eingeleiteter) Verbrennung. Es entsteht durch detonativ (d.h. oberhalb der Schall-Geschwindigkeit des Mediums) ablaufende Reaktionen des Endgases.

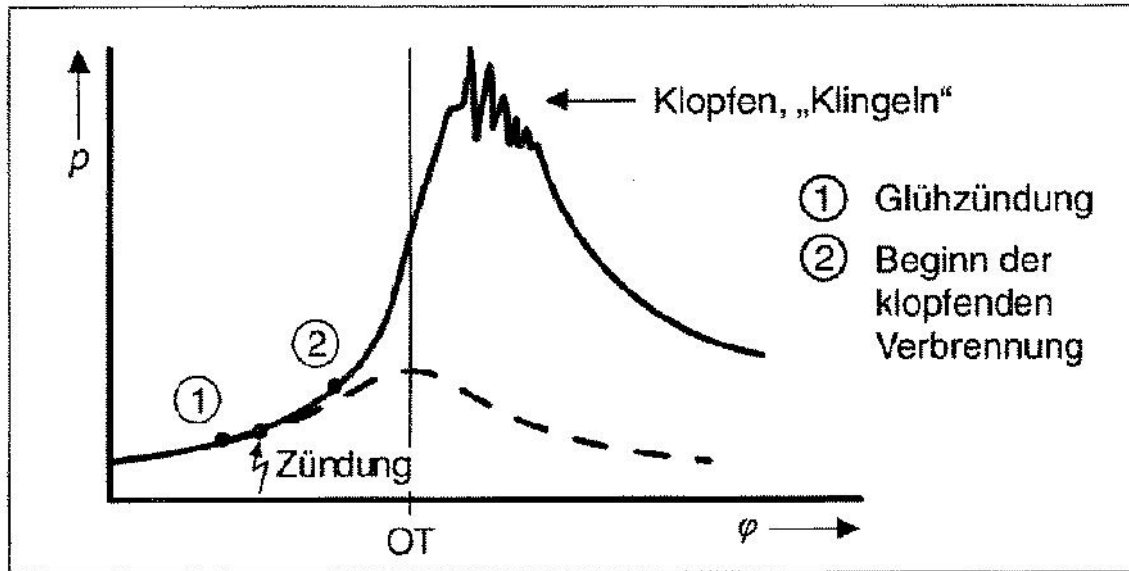
Typisch werden dem Druckverlauf im Zylinder hochfrequente Schwingungen überlagert.



### Mögliche Ursachen:

- (zu) früher ZZP
- Selbstentzündung durch hohe Verdichtung
- hohe Temperaturen der Zylinderinnenwand
- glühender Abbrand (Verbrennungs- und Ölrückstände) an den Zylinderwänden
- Kraftstoff mit zu niedriger Oktanzahl
- Schmierölpartikel, die aus den Kurbelraumgasen in das Luft-Kraftstoffgemisch gelangen können

## Zündzeitpunkt Sensorik Klopfen



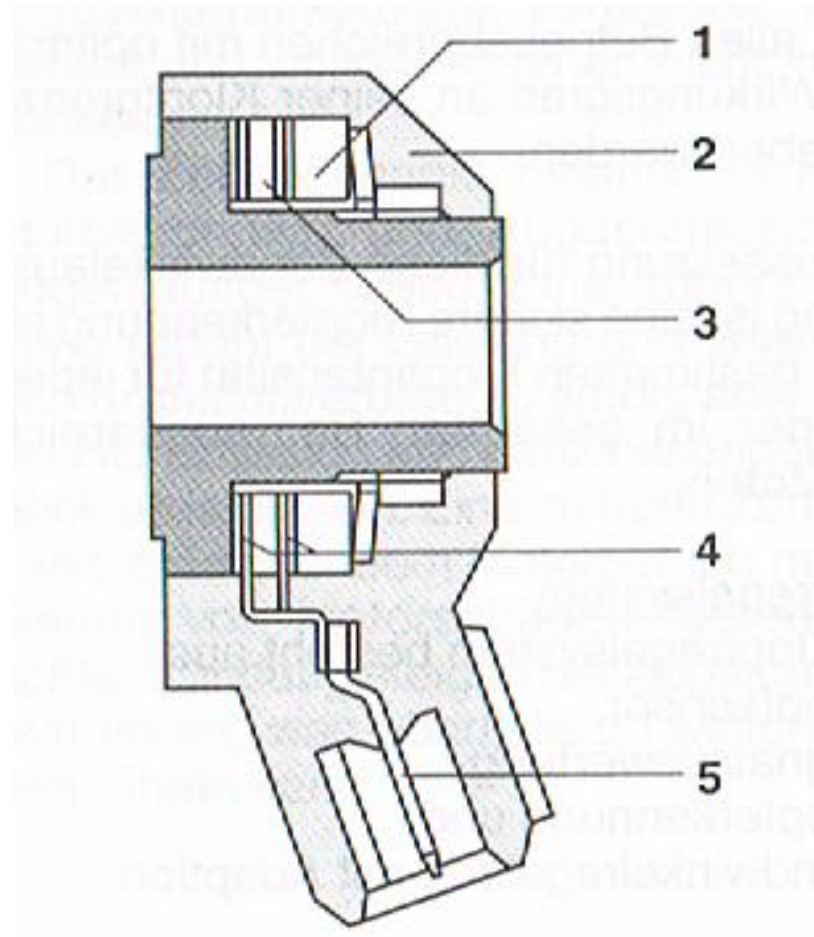
### Druckverlauf bei klopfender Verbrennung

Die hochfrequenten „Klopf“-Schwingungen werden mit Sensoren registriert

Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Klopfen**

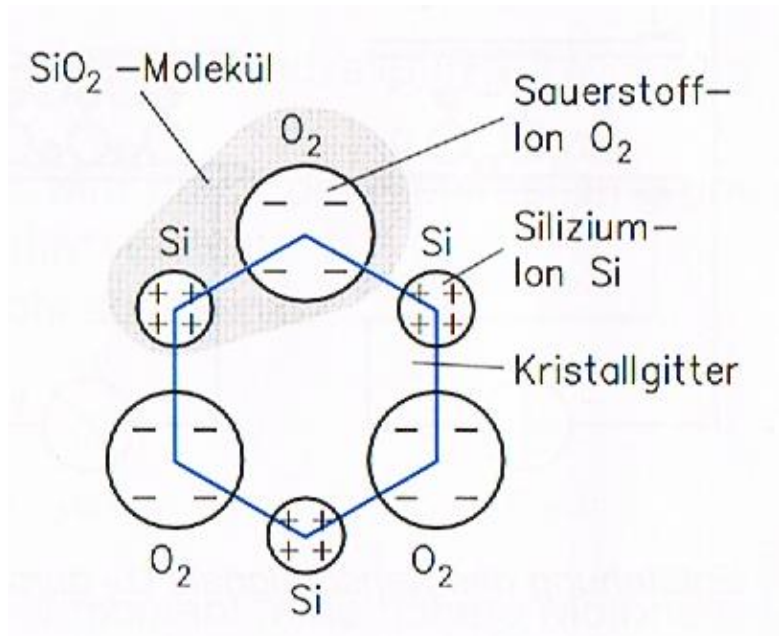
Aufbau Klopfsensor

- 1 Seismische Masse
- 2 Gehäuse
- 3 Piezo-Kristall
- 4 Kontaktierung
- 5 Signalabnahme



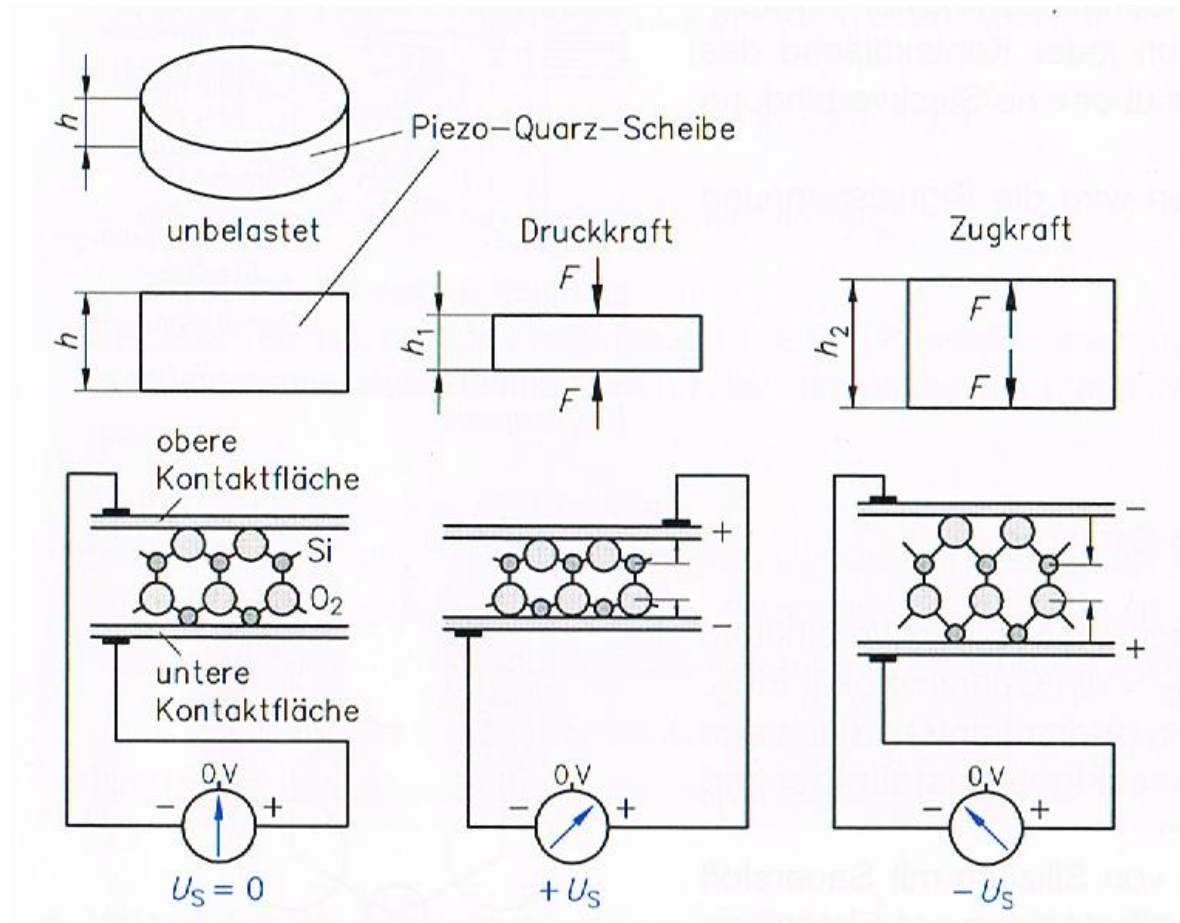


Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Klopfen**

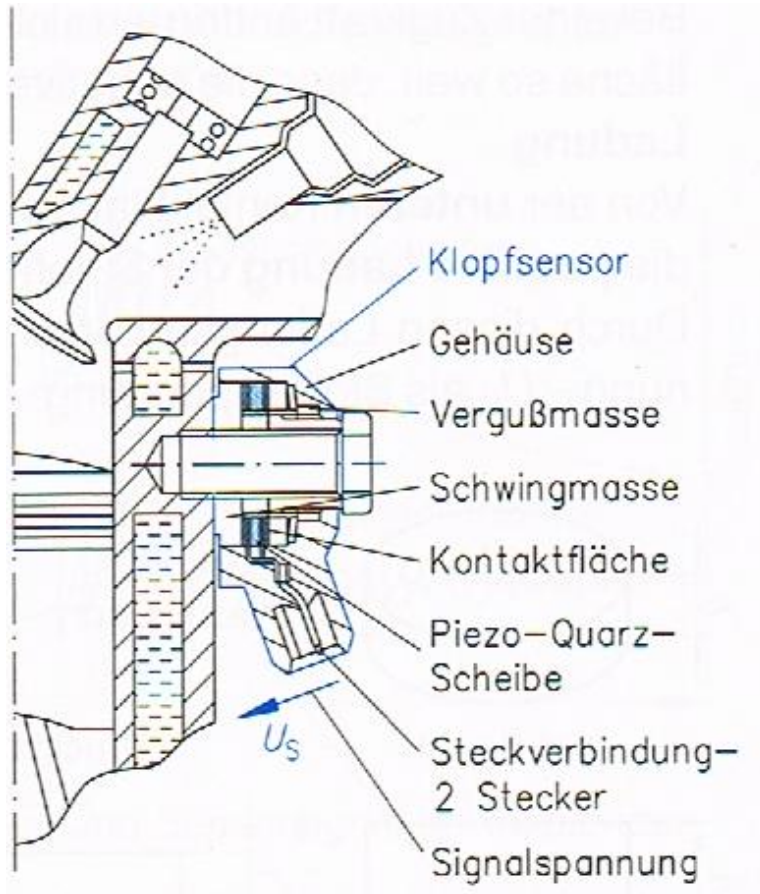


Beim Si-Ion überwiegt positive Ladung (-4 Elektronen),  
Bei  $\text{O}_2$  negative Ladung (+ 4 Elektronen)  
Aussenwirkung elektrisch neutral

# Zündzeitpunkt Sensorik Klopfen

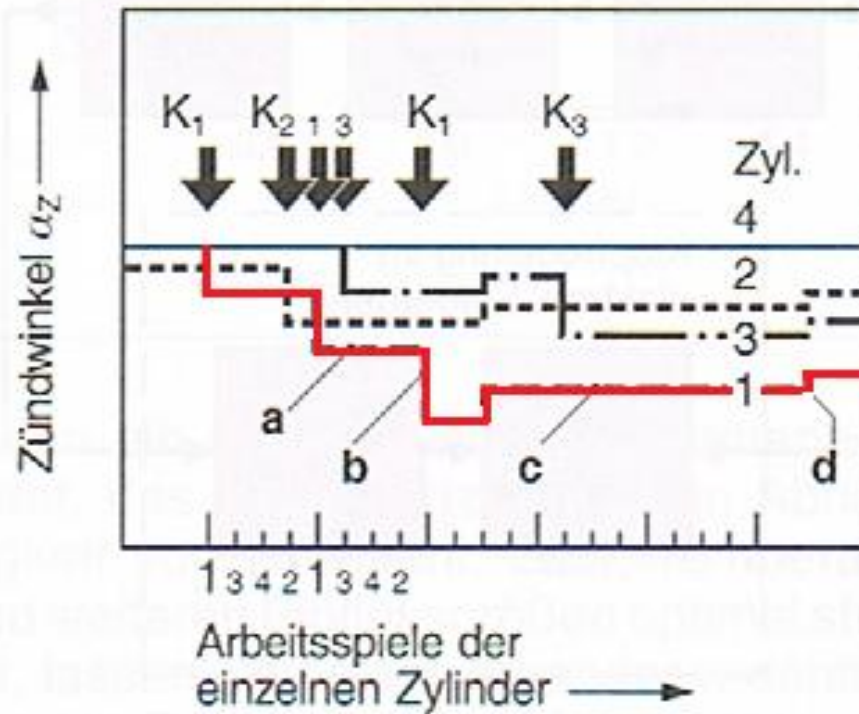


Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Klopfen**



Einbausituation

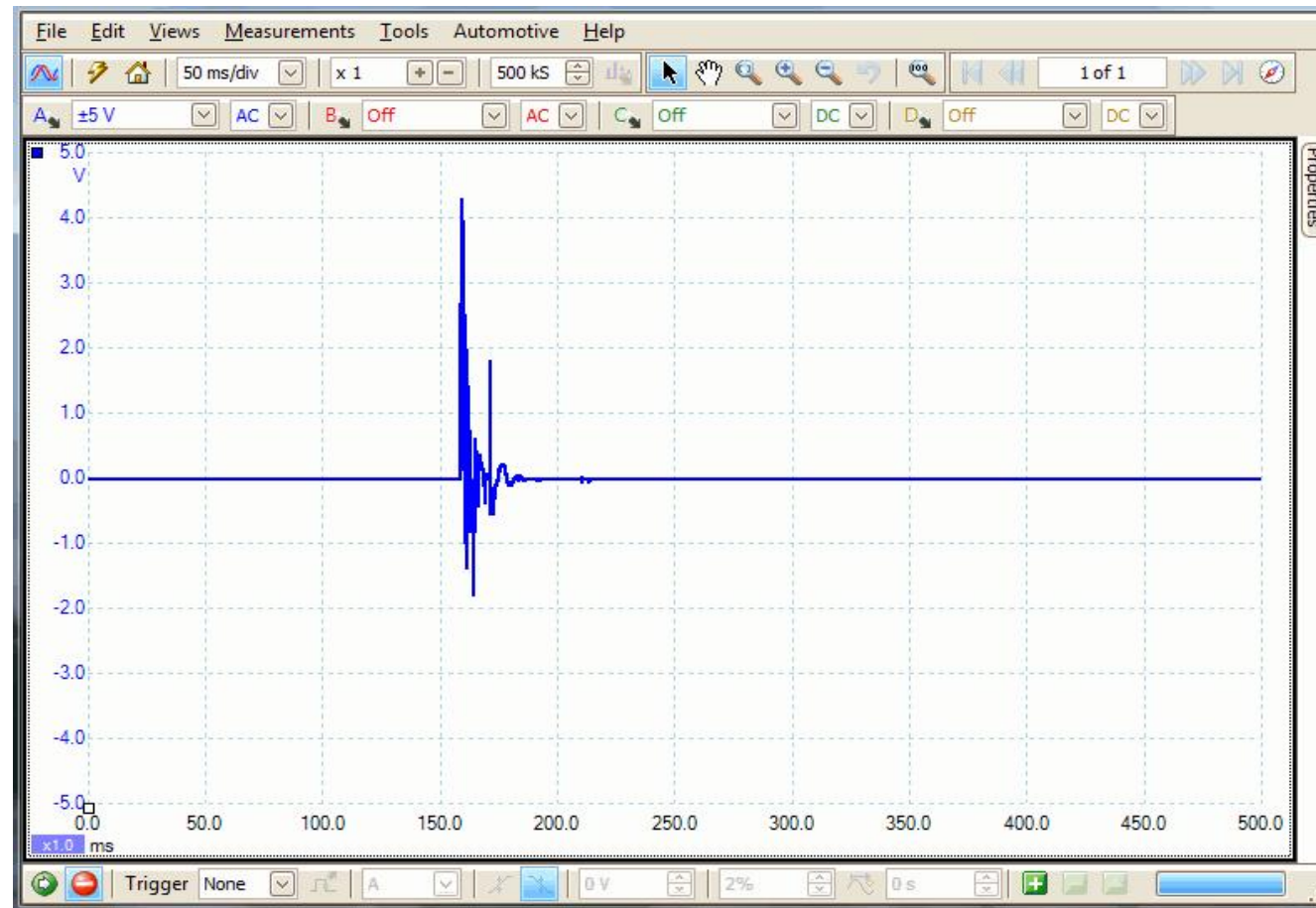
Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Klopfen**



Ablauf der Klopfregelung

- a Verweilzeit vor Spätverstellung
- b Rücknahme Zündwinkel
- c Verweilzeit vor Frühverstellung
- d Zugabe Zündwinkel

# Zündzeitpunkt Sensorik Klopfen



Die Frequenz der klopfenden Verbrennung (Nageln) liegt bei etwa 15 kHz

Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Klopfen**

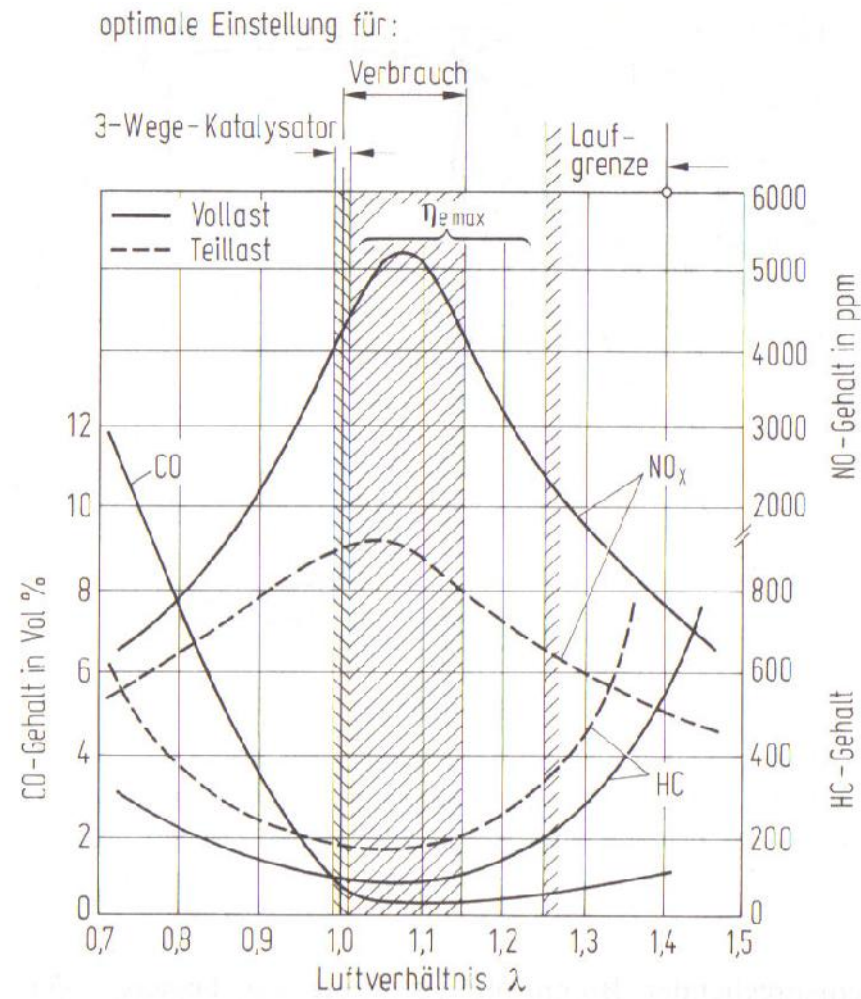
Adaptive Klopfregelung

Verändert das Zündkennfeld aufgrund aktueller, momentan erfasster Betriebszustände

# Zündzeitpunkt Sensorik Gemisch

Die Gemischzusammensetzung beeinflusst die Brenngeschwindigkeit

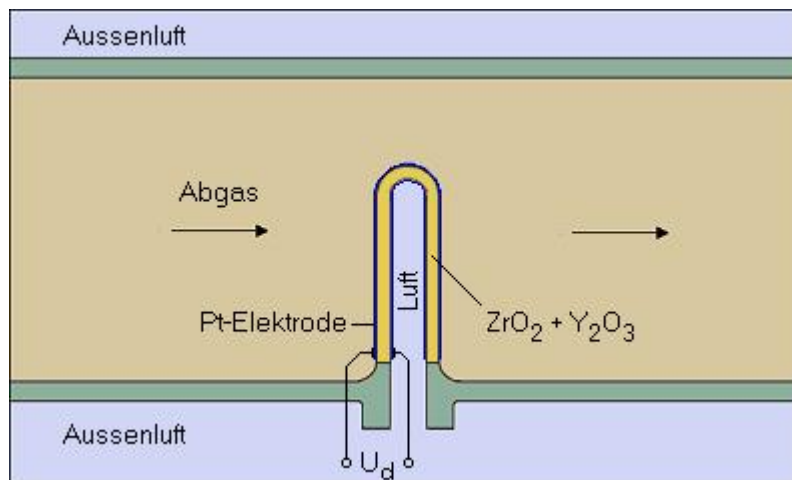
mager → langsamer  
fett → schneller





## Zündzeitpunkt Sensorik Gemisch

Die Gemischzusammensetzung wird mit der „Lambda-Sonde“ gemessen  
(Sauerstoffgehalt im Abgas)



Funktion am Beispiel Fingersonde

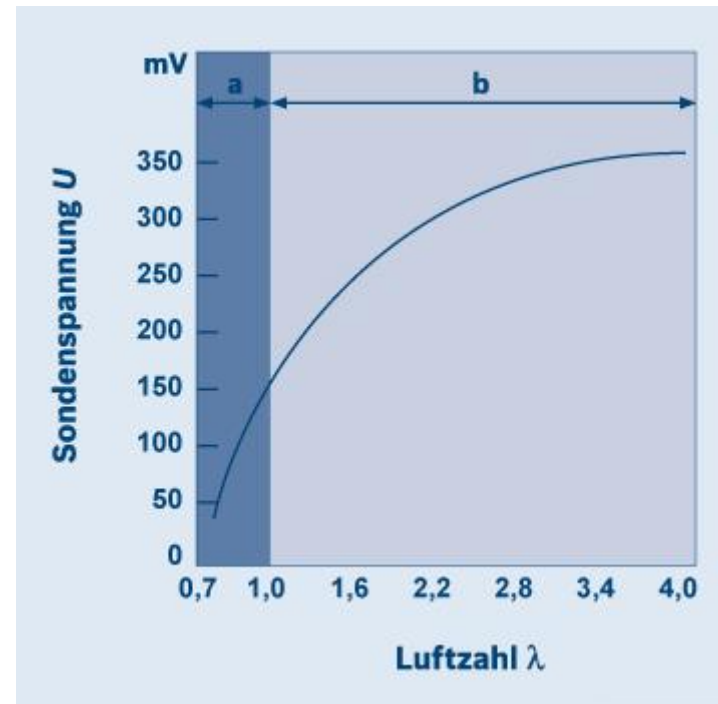
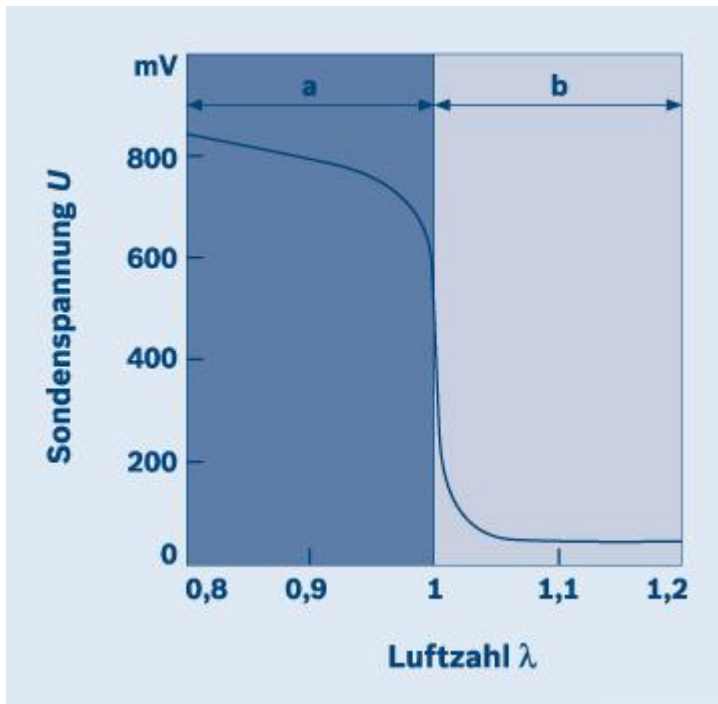
Yttriumoxid-dotierter Feststoff-  
Elektrolyt aus Zirkonoxid

Innen- und Aussenseite mit einer  
mikroporösen Platinelektrode

Der unterschiedliche Partialdruck des  
Sauerstoffs erzeugt ein  
Spannungssignal

Der Partialdruck ist der Druck, der in einem Gemisch aus idealen Gasen einer einzelnen Gaskomponente zugeordnet ist. Der Partialdruck entspricht dem Druck, den die einzelne Gaskomponente bei alleinigen Vorhandensein im betreffenden Volumen ausüben würde

Zündzeitpunkt  
Sensorik  
**Gemisch**



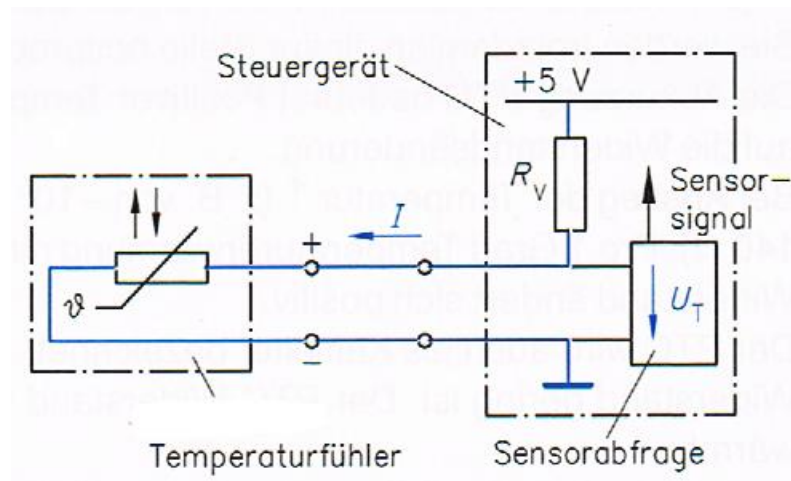
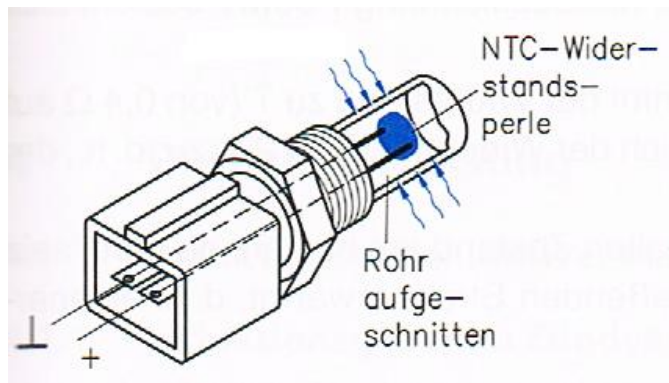
BOSCH

Sprungsonde

Breitbandsonde

## Zündzeitpunkt Sensorik Temperatur (Ansaugluft, Motor, Kraftstoff)

### NTC-Sensor Negative Temperature Coefficient



Die Werteangaben eines Sensors beschreiben den elektrischen Widerstand bei einer Raumtemperatur von 25 °C:

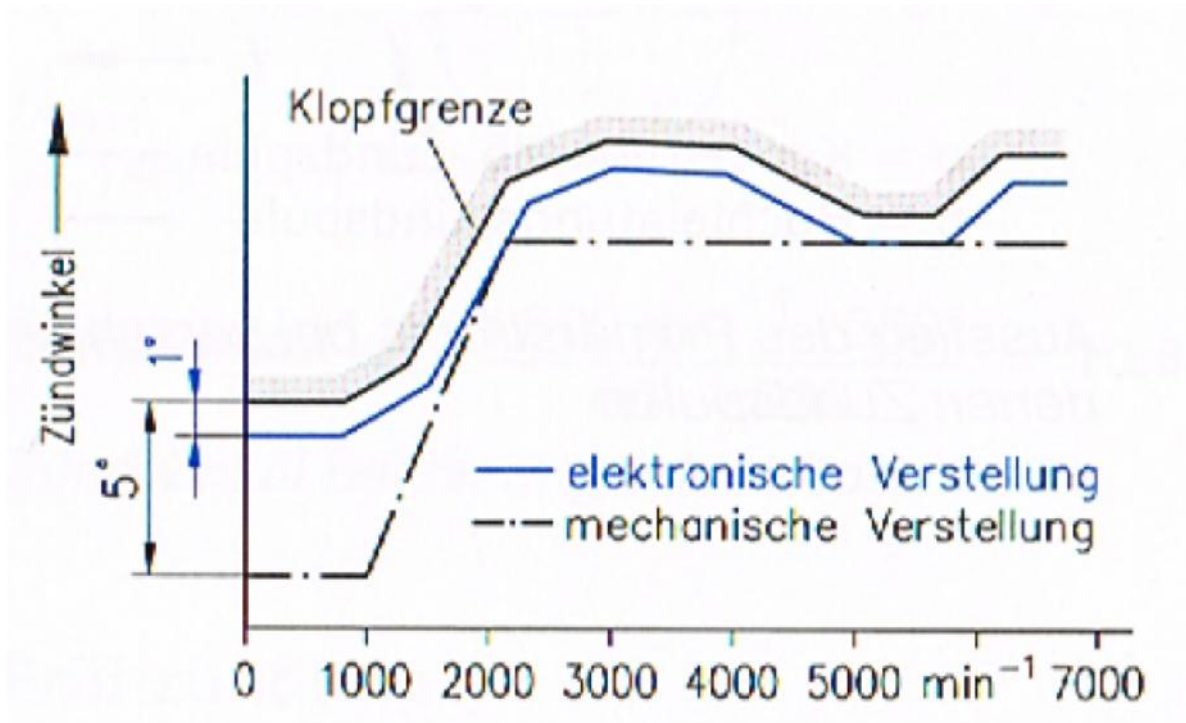
„NTC 10k“ bedeutet einen Widerstand von 10 k $\Omega$  bei 25 °C

„NTC 12k“ bedeutet einen Widerstand von 12 k $\Omega$  bei 25 °C

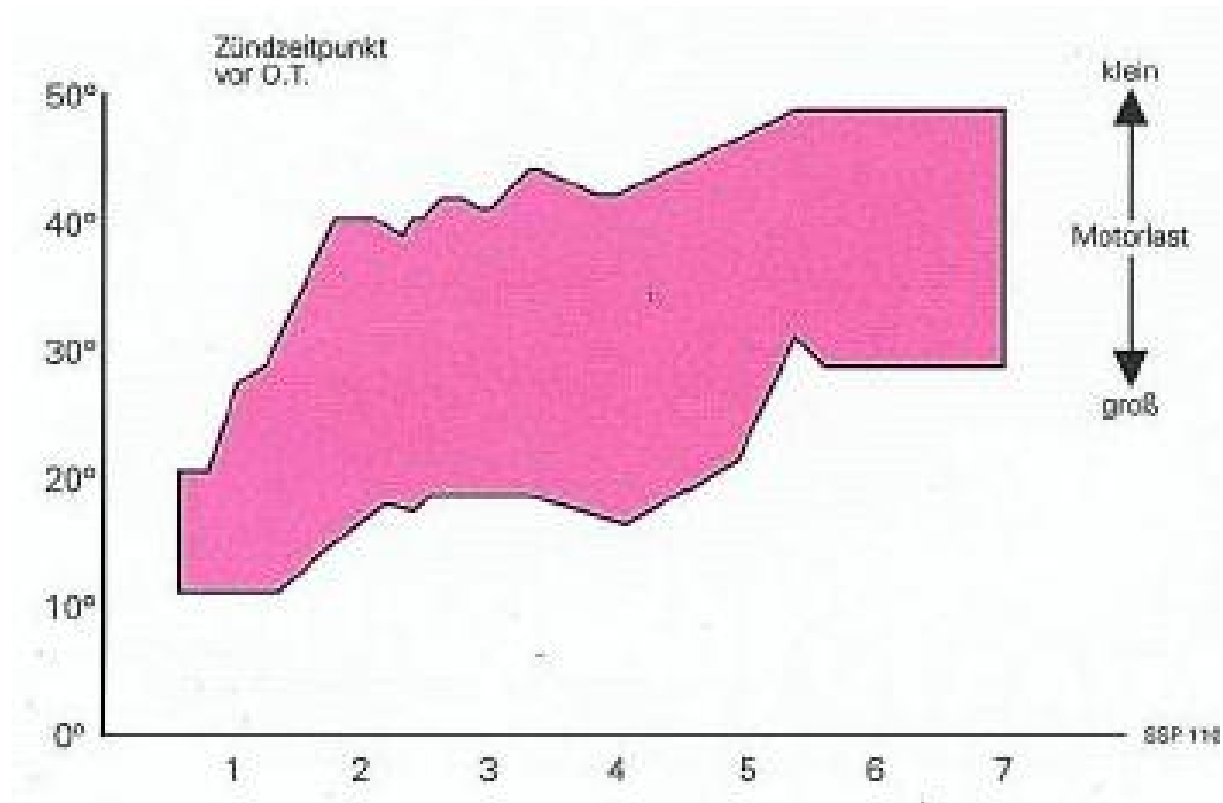
Zündzeitpunkt  
Sensorik  
Zusammenfassung

Signal	Sensor	Beispiel
Drehzahl (KW, NW)	Induktionsgeber Hallgeber Lichtschrankengeber	VW-20V  Nissan
Last	Druck (Saugrohr) Drosselklappenpoti Luftmengenmesser Luftmassenmesser Luftmenge (Ultraschall) Luftmenge (Lichtschranke)	Bosch Mono   Mitsubishi Toyota
Bezugsmarke	Induktionsgeber (Stift, Lücke) Hall	VW, Audi
Klopfen	Klopfsensor	
Gemischzusammensetzung	Lambda-Sonde	
Grundzündwinkel	NTC	

## Zündzeitpunkt Verstellung

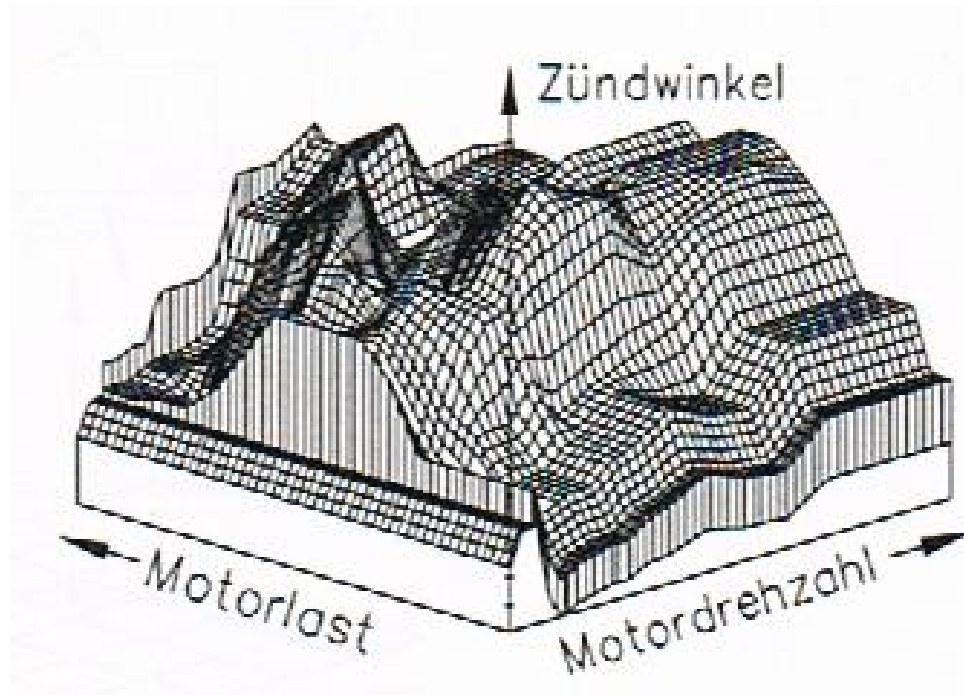


## Zündzeitpunkt Kennfelder

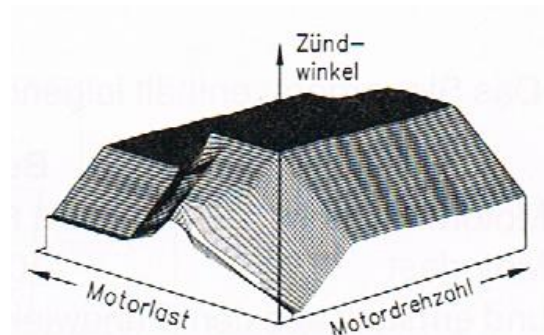


Nutzbarer Zündwinkelbereich eines bestimmten Kraftstoffs

## Zündzeitpunkt Kennfelder



In elektronisch gesteuerten Zündanlagen werden die Zündwinkel einem „Kennfeld“ entnommen  
Motor- und Kraftstoffspezifisch werden Optimal-Winkel im Versuch ermittelt und in ROM-Bausteinen abgespeichert  
So steht für jeden Betriebszustand die optimale Zündwinkeldifferenz (zum Grundzündwinkel) zur Verfügung



Vergleich: mechanisch gesteuerte Zündwinkeldifferenz

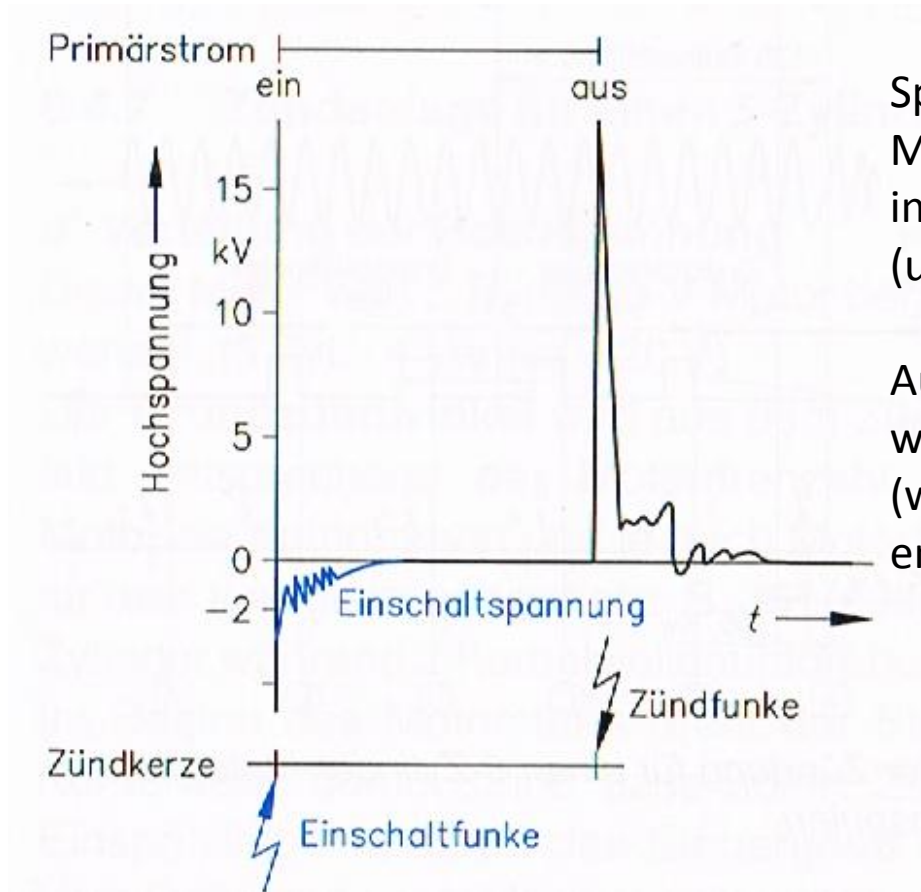


## Zündzeitpunkt Kennfelder

### Vorteile

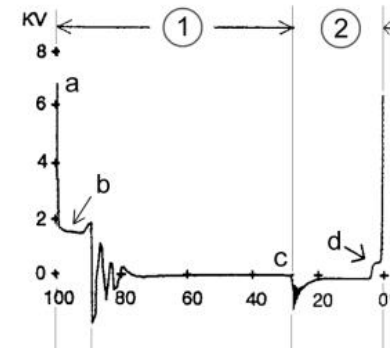
- Keine mechanische Verstellung erforderlich
- Optimaler Zündwinkel für alle Betriebszustände
- Höheres Drehmoment
- Geringerer spezifischer Verbrauch
- Weniger Schadstoffe im Abgas

## Zündzeitpunkt Einschaltfunke

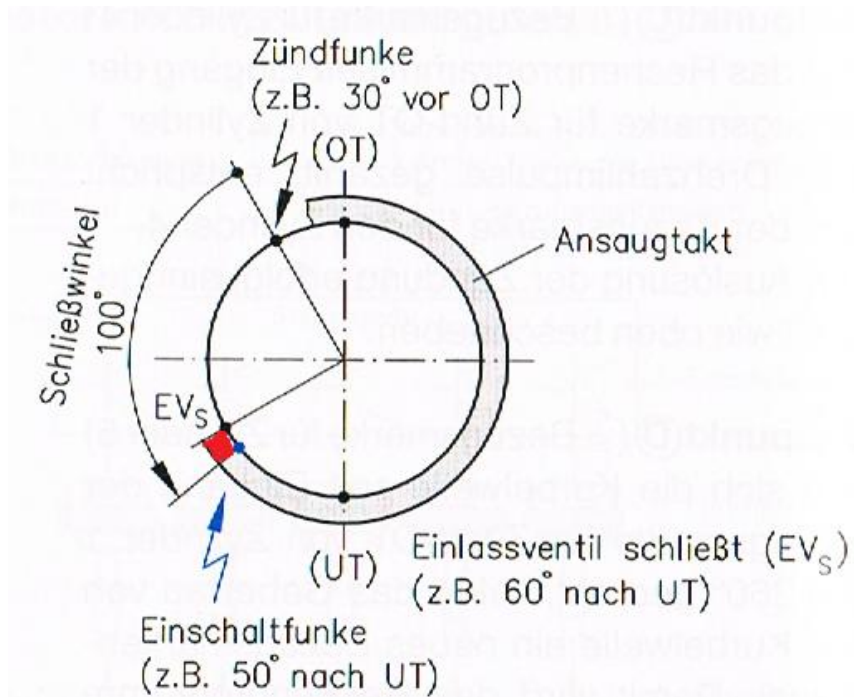


Spannungsanstieg (damit Aufbau eines Magnetfeldes) beim Einschalten induziert sekundärseitige Spannung (umgekehrter Polarität)

Auf einem Spannungsniveau von wenigen KV kann trotzdem ein Funke im (wenig verdichteten) Frischgas entstehen



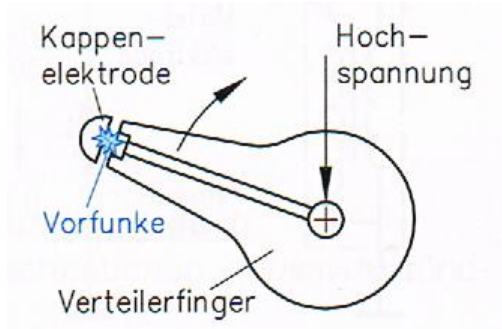
## Zündzeitpunkt Einschaltfunke



### Beispiel

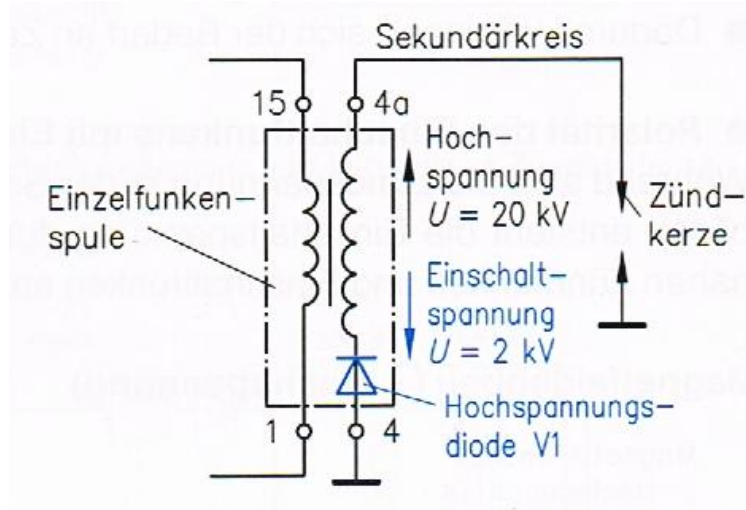
Zündwinkel  $-30^\circ$   
Schließwinkel  $50^\circ$  (NW)  
Einschaltfunke  $230^\circ$

## Zündzeitpunkt Einschaltfunke



## Vermeiden des Einschaltfunkens

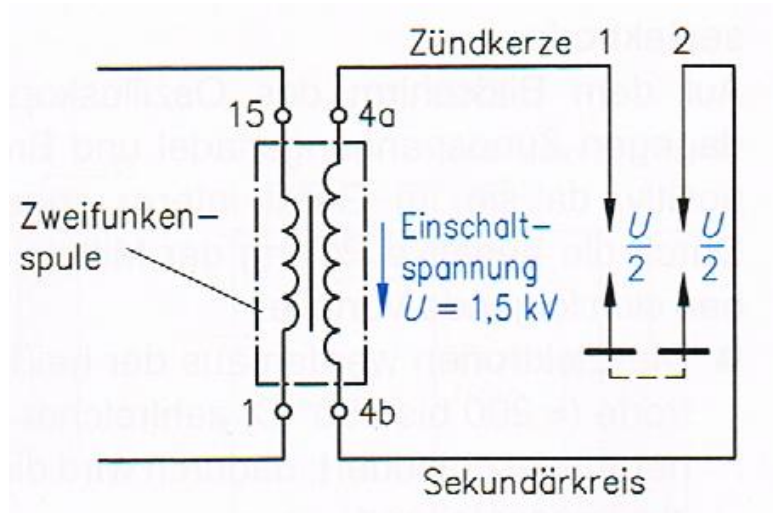
Rotierende Verteilung  
Vorfunke im Verteilerfinger



Ruhende Verteilung, Einzelfunkenspule

Hochspannungsdiode, Sperrspannung  
> Sekundäreinschaltspannung

## Zündzeitpunkt Einschaltfunke

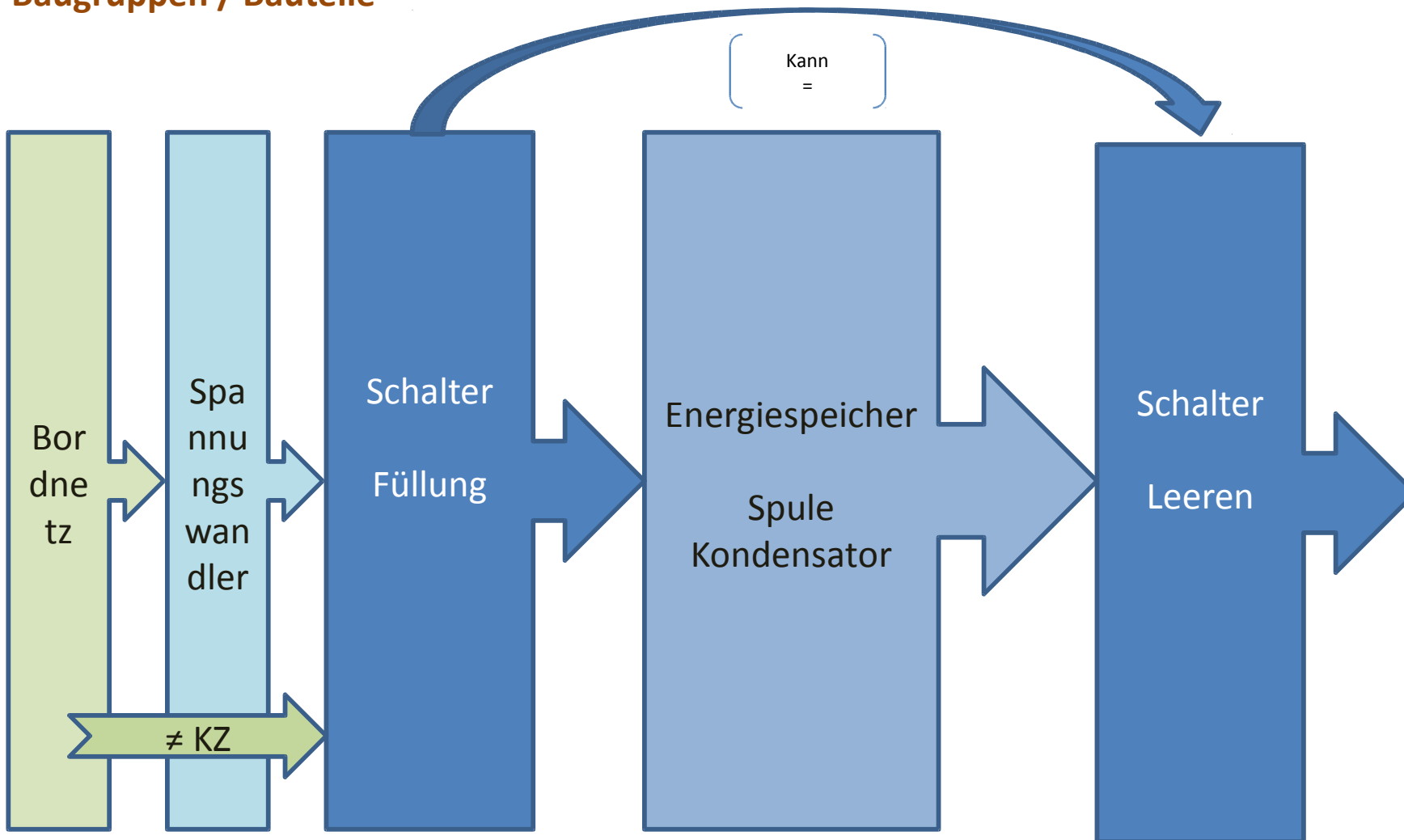


## Vermeiden des Einschaltfunkens

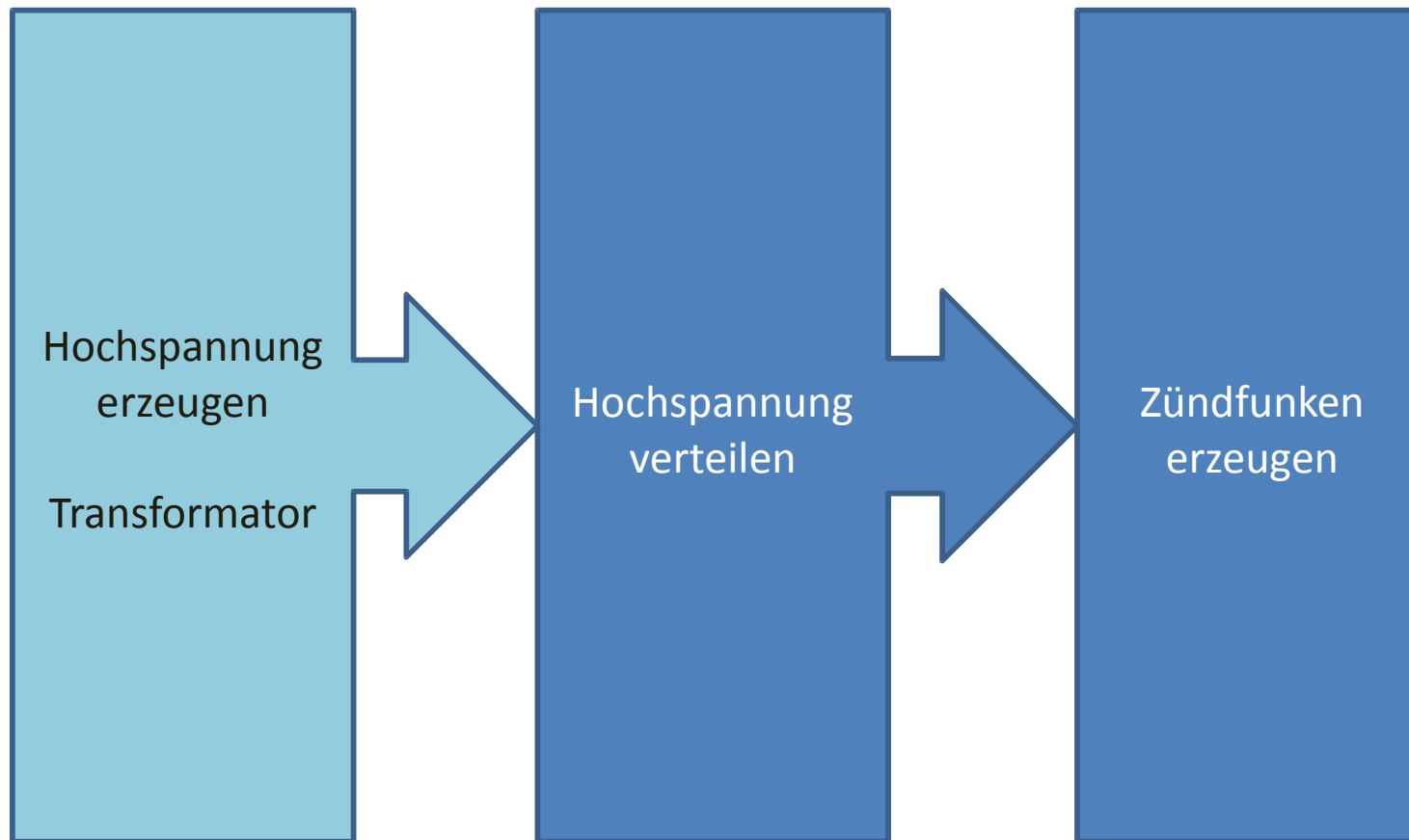
Ruhende Verteilung, Zweifunkenspule

Zündkerzen in Reihe, Halbierung der Spannung, damit zu gering

## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile



## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile





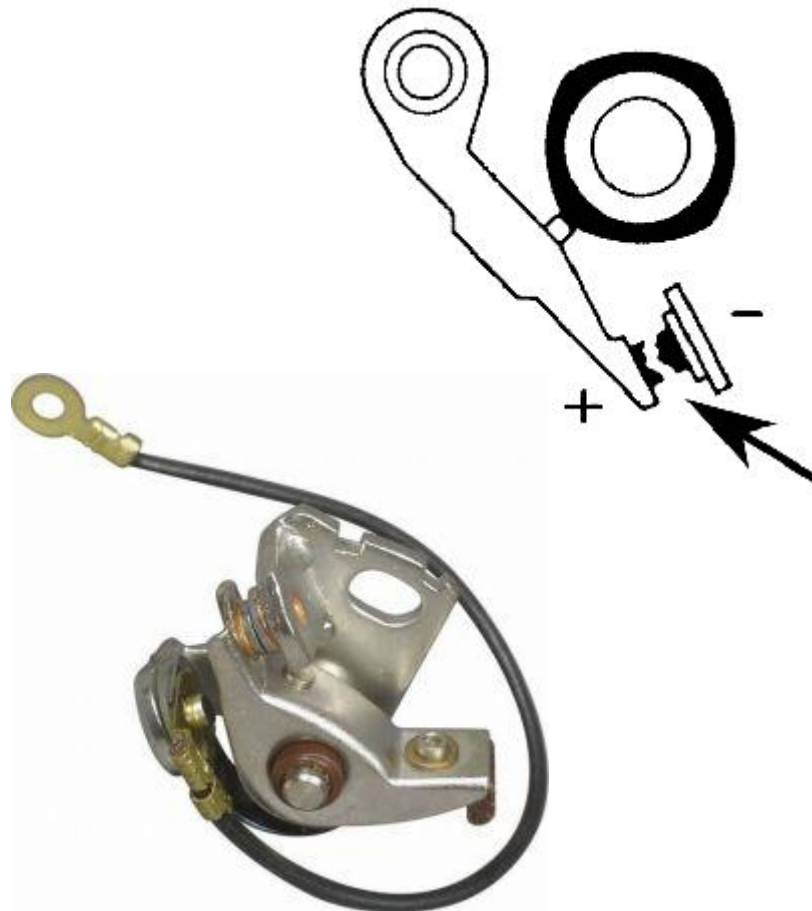
## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Schalter

### Unterbrecherkontakt

In einer Spulenzündung wird der Primärstrom (an/aus) durch einen mechanisch betätigten Schalter geschaltet

Wegen hohen Strömen kommt es zu großem Verschleiss wegen Funkenflug bei Abschalten

Der Verschleiß wirkt sich auf das Zeitmanagement der Zündanlage aus (Schließ-7Öffnungswinkel, ZZP)

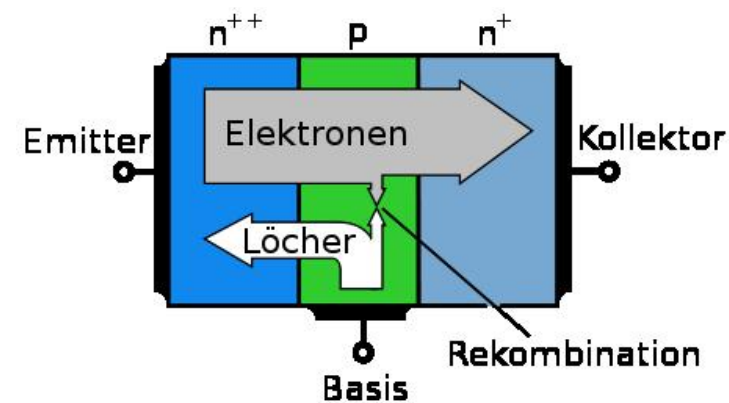
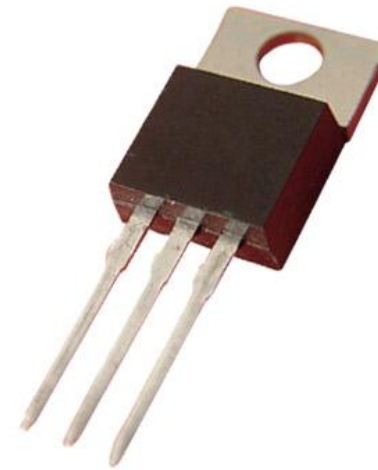


## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Schalter

Transistor als Schalter

Schaltung des Primärstroms in  
Spulenzündanlagen

Verschleissfreies, funkenloses Schalten  
ohne Einfluss auf das Zeitregime der  
Zündanlage

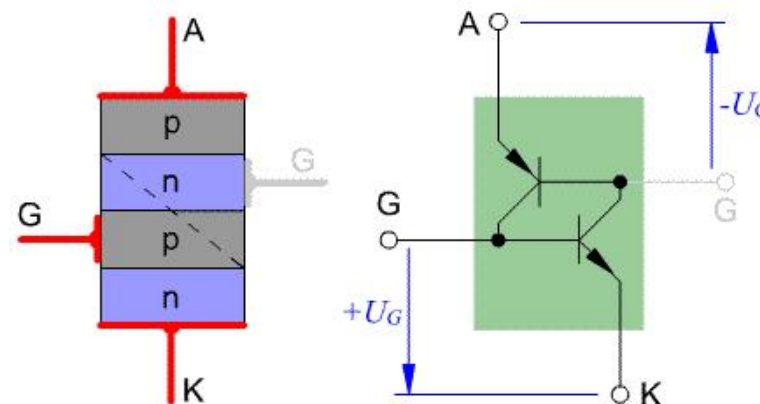


## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Schalter

### Thyristor als Schalter

Zum Schalten hoher Ströme und hoher Spannungen werden in Kondensatorzündanlagen Thyristoren verwendet

Sie schalten verschleissfrei den Ladungstransport zwischen Zündkondensator und Zündtrafo

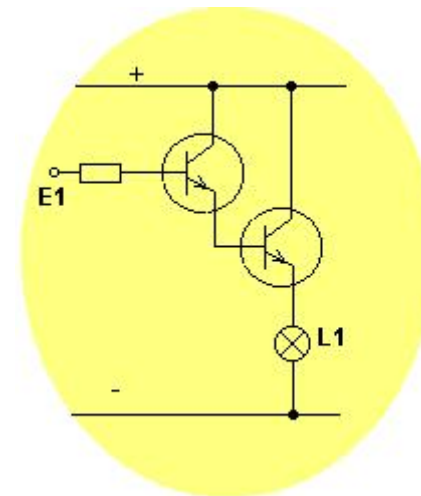


## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Schalter

### Darlington-Endstufe

Die Darlington-Schaltung ist eine elektronische Schaltung aus zwei Bipolartransistoren, wobei der erste Transistor als Emitterfolger auf die Basis des zweiten arbeitet.

Sie wird zur Erhöhung des **Stromverstärkungsfaktors** eines einzelnen Transistors angewendet. Befinden sich beide Transistoren in einem einzigen Transistorgehäuse, spricht man auch vom Darlington-Transistor.



## Zündanlagen

### Baugruppen / Bauteile

### Hochspannung verteilen

#### Zündkabel

Unterschiedliche Zündkabelvarianten :  
Widerstandszündleitungen mit  
Drahtwiderstand bzw. Kohlewiderstand im  
Kabel

Zündleitungen mit Kupferkern, bei denen die  
Entstörwiderstände in den Steckern eingebaut  
sind.

Bei Drahtwiderstandskabeln wird ein  
Edelstahldraht um einen ferromagnetischen  
Silikonträger gewickelt, anschließend mit einer  
ersten Silikonisolierung versehen, über ein  
Textilgeflecht verstärkt und äußerlich nochmals  
mit einem hochtemperaturfesten  
Silikonummantelung versehen.

Kupferzündkabel haben eine  
hochspannungsfeste Kupferseele und werden  
mit einer glasseideverstärkten, talkumierten  
Silikonummantelung versehen. Beide Varianten  
sind hochflexibel und können Hochspannungen  
bis 40 kV übertragen.



**Zündanlagen**  
**Baugruppen / Bauteile**  
**Zündfunken erzeugen**

## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

### Zündkerze

Funke zwischen isolierter Mittelelektrode  
und Masselektrode

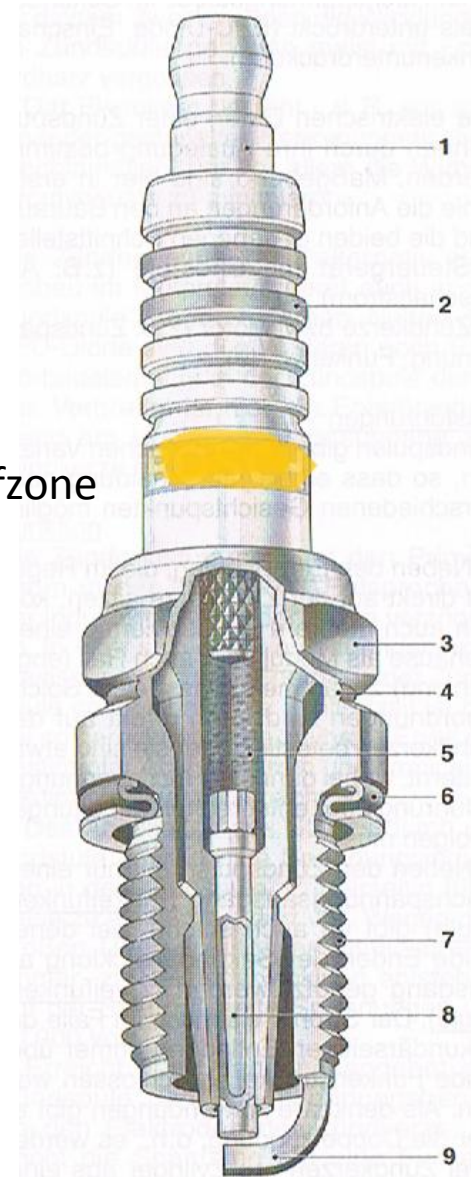
### Anforderungen

- Funktionssicherheit (Betriebsbereich)
- Durchschlagsicherheit
- Gasdichtheit
- thermische Belastbarkeit
- chemische Resistenz
- Wärmeleitfähigkeit

Wegen Abbrand der Elektroden  
ist verschleißabhängiges  
Wechseln erforderlich

- 1 Anschlussbolzen
- 2 Isolator ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
- 3 Gehäuse
- 4 Wärmeschrumpfzone
- 5 leitendes Glas
- 6 Dichtung
- 7 Gewinde
- 8 Mittelelektrode
- 9 Masselektrode

BOSCH





# Zündanlagen

## Baugruppen / Bauteile

### Zündfunken erzeugen

## Zündkerze, Sitzform und Gewinde

Es gibt nur Einheitsgrößen von Zündkerzen

Die Zündkerzen unterscheiden sich in Länge, Durchmesser und Steigung des Zündkerzengewindes. Gebräuchliche Gewinde sind:

M 10 × 1 SW 16

M 12 × 1,25 SW 18 (meist bei Motorrädern; in jüngster Zeit zunehmend auch bei Autos)

M 14 × 1,25 SW 20,8 (bei den meisten Autos)

M 18 × 1,5 SW 26 (relativ selten bei Automotoren, oft bei alten Zweitaktern; Standard bei Flugzeugmotoren)

Neben unterschiedlichen Gewinden gibt es auch verschiedene Sitzformen. Die klassische Ausführung weist einen flachen Sitz mit Dichtring auf. Neben dieser Form kommen aber auch Kerzen mit Kegelsitz zum Einsatz, welche keinen Dichtring benötigen.

## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

### Zündkerzen, Ausführung

Manche Zündkerzen enthalten einen eingebauten Entstörwiderstand von ca. 5 k $\Omega$ . Man erkennt diese Typen meist an dem Buchstaben R (z. B. bei Bosch) in der Typenbezeichnung.

nicht zusammen mit Kerzensteckern mit integriertem Widerstand einsetzen, da der Zündfunke durch die Reihenschaltung der Widerstände zu sehr geschwächt würde.

Der Zündkerzenstecker wird auf die Kerze aufgesteckt und stellt so den Kontakt zur Mittelelektrode her. Dabei gibt es Stecker, die anstelle des Anschlussbolzens (Gewinde M 4) eine SAE-Anschlussmutter auf der Kerze benötigen. Diese Mutter kann bei nahezu allen Zündkerzen abgeschraubt werden.

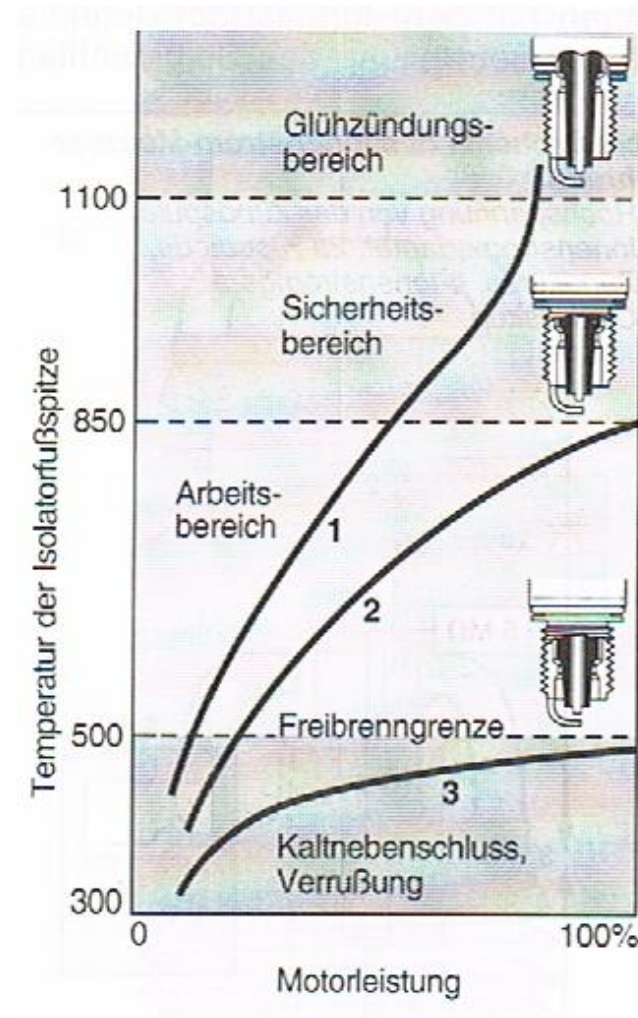
## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

Zündkerzen, Wärmewert

- 1 „heisse“ Zündkerze
- 2 Angepasste Zündkerze
- 3 „kalte“ Zündkerze

Ziel

- Schnelles Erreichen der „Freibrenntemperatur“
- Verschleissvermeidung
- Vermeidung von „Glühzündung“



## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

### Zündkerzen, Wärmewert

Der Wärmewert wird im Typencode als Zahl angegeben. Dieser Wert steht für die maximale Betriebstemperatur.

Mindesttemperatur von etwa 400 °C (Freibrenngrenze).  
Höchsttemperatur von ca. 900 °C (Glühzündungsbereich)

Die Kennzahlen der Wärmewerte sind von Hersteller zu Hersteller verschieden. Bosch, BERU und Champion (Handelsmarke von ACDelco), verwenden hohe Kennzahlen für „heiße“ Zündkerzen, NGK und Denso hingegen niedrige; die Kennzahlen sind zwischen den Herstellern also **nicht** übertragbar.

**Veränderungen an der Verbrennung, wie durch Tuning-Maßnahmen (z. B. Verdichtung erhöhen) oder alternative Kraftstoffe (z. B. Autogas) verändern auch die Verbrennungstemperatur und damit den erforderlichen Wärmewert der Zündkerze.**

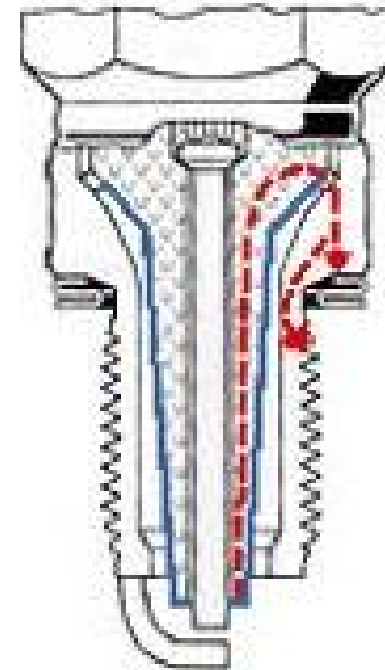
## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

Zündkerze, Wärmewert

Beispiel Bosch:

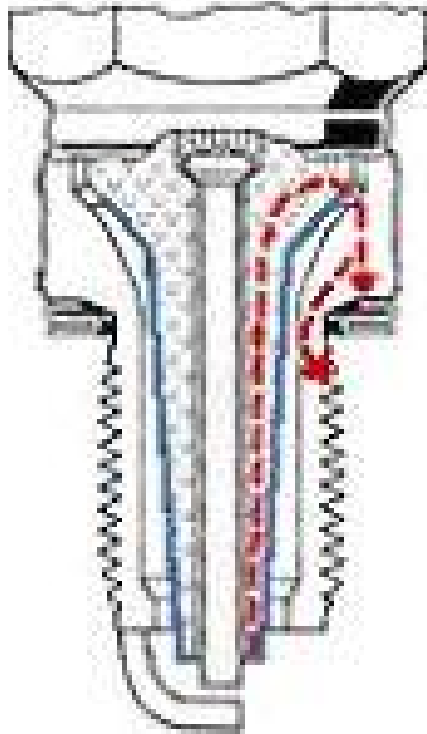
Niedrige Kennzahlen (z.B. 2 bis 4) bedeuten  
"kalte" Zündkerzen, also eine geringe  
Wärmeaufnahme bei heißen Motoren

Hohe Kennzahlen (z.B. 7 bis 10) bedeuten  
"heiße" Zündkerzen, d.h. eine hohe  
Wärmeaufnahme für kalte Motoren (z.B. VW  
Käfer). - zu hoher Wärmewert führt zu  
Glühzündungen



## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

Zündkerzen, Wärmewert



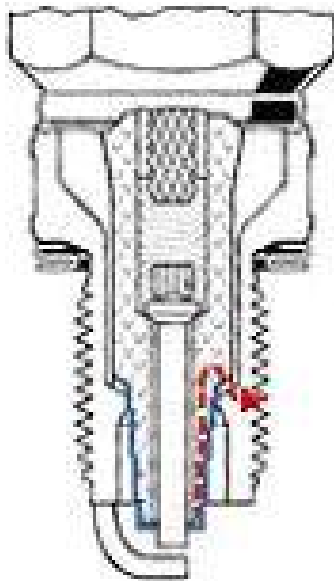
Zündkerze mit hoher Wärmewertkennzahl  
("heiße Zündkerze")

Große Isolatorfußfläche nimmt viel Wärme auf.  
Wärmeableitung gering.

Große Isolatorfußfläche nimmt viel Wärme auf.  
Wärmeableitung gering

## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

### Zündkerzen, Wärmewert



Zündkerze mit niedriger Wärmewertkennzahl ("kalte Zündkerze"). Kleine Isolatorfußfläche nimmt wenig Wärme auf. Wärmeableitung sehr gut.



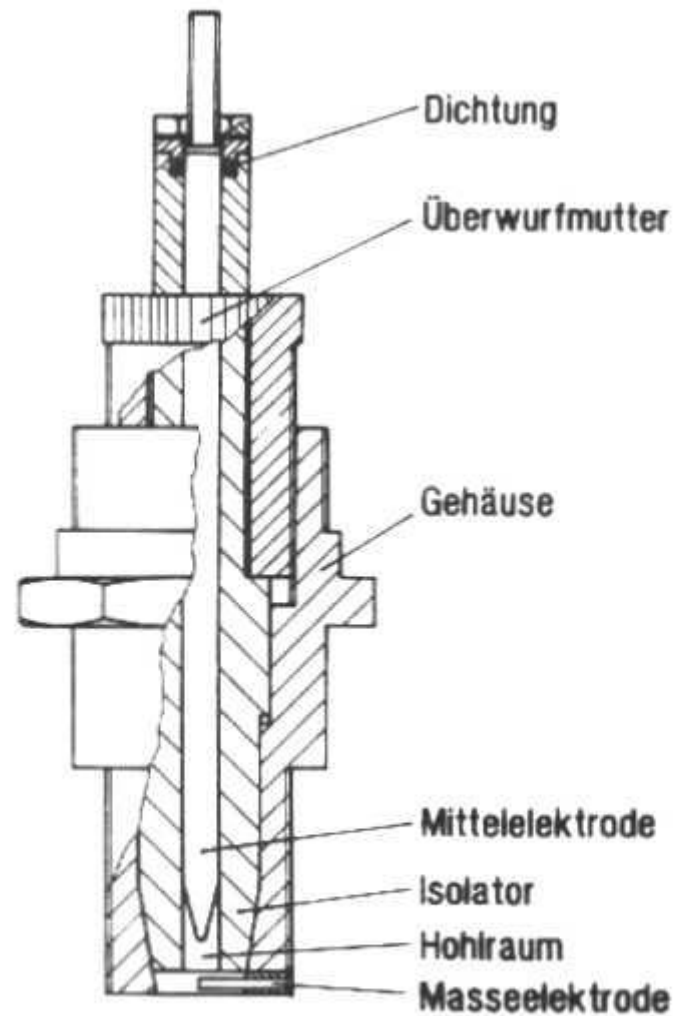
## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

Zündkerzen, Elektrodenform



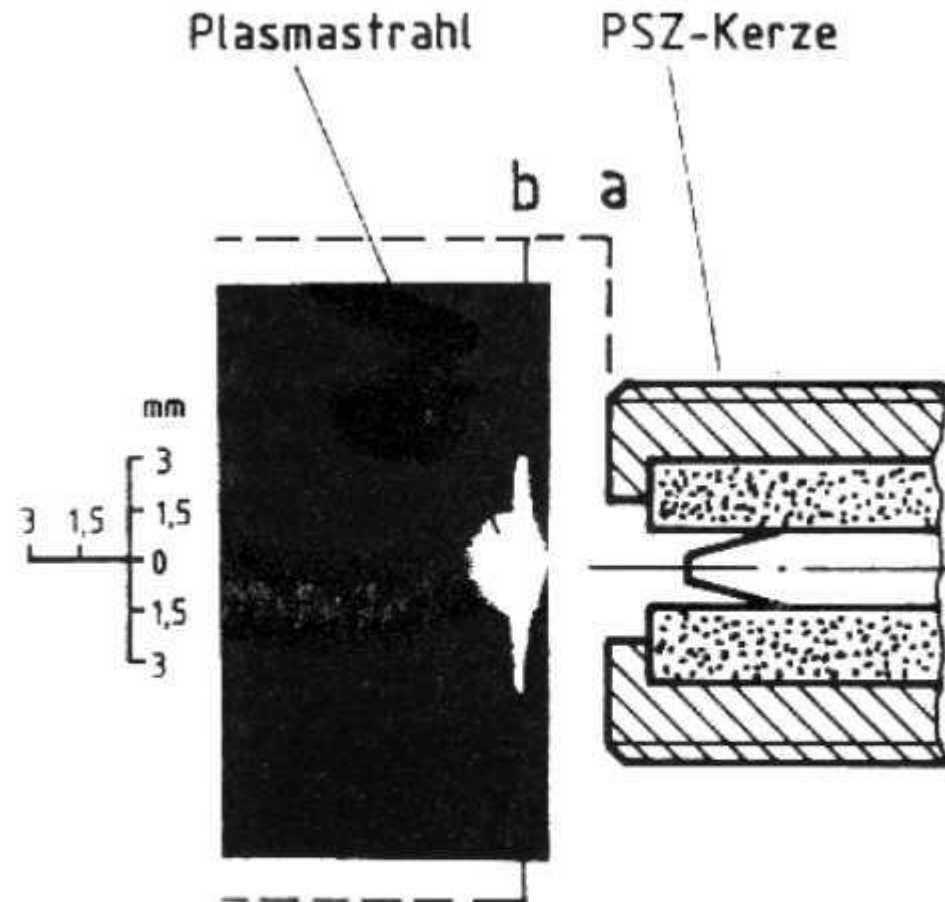
**Zündanlagen**  
**Baugruppen / Bauteile**  
**Zündfunken erzeugen**

Zündkerzen, Plasmastrahlzündkerze



Aufbau der Plasmastrahlzündkerze (Version II)

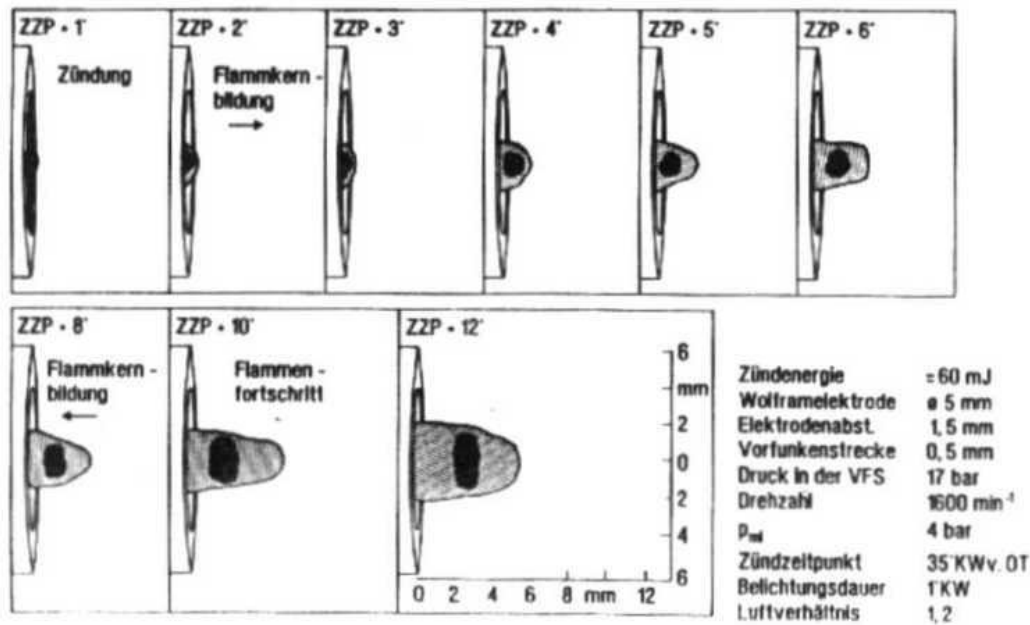
**Zündanlagen**  
**Baugruppen / Bauteile**  
**Zündfunken erzeugen**



Ausbreitung eines Plasmastrahls im Motorbrennraum  
(geschleppter Motorbetrieb)

# Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

## Zündkerzen, Plasmastrahl



Entflammungsphase nach einer Plasmastrahl-Zündung

## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

Zündkerzen, Elektrodenabstand

Höhere Spannung → größerer möglicher Elektrodenabstand → größere „Funkenoberfläche“ → sicherere Zündung

Verschleiss vergrößert Elektrodenanstand, Korrektur durch Biegen der Masselektrode möglich (Empfehlbar einzylindrigen, einfachen Motoren (Mofa, Moped oder Mokick, Bootsmotoren, Rasenmäher, etc.



## Zündanlagen

### Baugruppen / Bauteile

### Zündfunken erzeugen

Zündkerzen, Elektrodenmaterial

Eisen-Nickel-Chrom-Legierungen → Standardzündkerzen

Kupferkern → besserer Wärmetransport

Platin, Silber, Iridium, Nickel-Yttrium-Legierung → hohe Beanspruchungen

Inconel → Extrembeanspruchung (thermisch)

## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

Zündkerzen, Isolator

Der Isolator besteht aus Aluminiumoxid. Diese Keramik ist sehr spröde. Eine fallengelassene Zündkerze – auch wenn diese optisch unversehrt scheint – nicht mehr verwenden. Schon kleinste Stöße können Risse hervorrufen, welche sich mit Funktionsstörungen äußern. Die Wärmeableitung kann beeinträchtigt werden, es entstehen Glühzündungen. Bruchstücke des Isolators im Brennraum beschädigen wesentliche Komponenten des Motors bis hin zum Motorschaden.





## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

Zündkerzen, „Kerzenbild“

Wenn eine Zündkerze mehrere Betriebsstunden in einem Motor eingesetzt wird, so kann man an ihr durch das sogenannte „Kerzenbild“ oder „Kerzengesicht“ (das durch die Verbrennung veränderte Aussehen der im Brennraum befindlichen Zündkerzenteile) feststellen, ob der Motor korrekt arbeitet. Das ist auch heute noch uneingeschränkt möglich, auch wenn moderne Messgeräte ein quantitatives Ergebnis liefern

# Zündanlagen

## Baugruppen / Bauteile





### Zündfunken erzeugen

## Zündkerzen, „Kerzenbild“

Zündkerzenbild	Mögliche Ursachen und Folgen	Mögliche Abhilfe
	Zündkerze rehbraun: Der Motor arbeitet einwandfrei, die Gemischzusammensetzung ist korrekt, der Wärmewert der Zündkerze passt.	Keine Maßnahmen sind erforderlich. <i>Die Zündkerze im Foto links sollte allerdings bald gewechselt werden. Man erkennt den Verschleiß an den abgerundeten Kanten der Mittelelektrode.</i>
	Zündkerze abgebrannt: Aggressive Kraftstoff- und Ölzusätze, Verbrennungsrückstände im Brennraum, mangelhafte Kraftstoffqualität, defekte Ventile oder Zündverteiler. Leistungsverlust gefolgt vom Totalausfall des Motors.	Mögliche Verursacher überprüfen, anderer Kraftstoff.
	Mittelelektrode abgebrannt: Thermische Überlastung durch Glühzündung, Wärmewert der Kerze zu niedrig, Rückstände im Verbrennungsraum, zu früher Zündzeitpunkt, defekte Ventile oder Zündverteiler, schlechte Kraftstoffqualität.	Kerze austauschen, Zündzeitpunkt prüfen, evtl. Kraftstoff wechseln.
	Zündkerze glasiert: Zusätze in Öl und Benzin bilden ascheartige Ablagerungen. Die Ablagerungen bewirken bei höherer Last Zündaussetzer.	Motor einstellen, Markenzündkerzen verwenden.


## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

### Zündkerzen, „Kerzenbild“

	<p>Zündkerze mechanisch beschädigt: Bei Motorschäden können sich Metallspäne auf der Zündkerze ablagern oder sie zerstören.</p>	<p>Die Zündkerze sollte ausgetauscht werden. Bei wiederholter Beschädigung liegt ein mechanischer Defekt am Motor vor.</p>
	<p>Zündkerze verkohlt: Wärmewert der Zündkerze könnte zu hoch sein, Treibstoffgemisch ist zu fett, vorwiegender Einsatz auf Kurzstrecken, Choke zu lange gezogen (Startautomatik verstellt) oder Luftfilter verschmutzt.</p>	<p>Bei passendem Wärmewert der Zündkerze die Gemischzusammensetzung einstellen (Vergaser oder Einspritzung justieren, evtl. Startautomatik prüfen)</p>
	<p>Zündkerze verkrustet: Bestandteile des Öls können Rückstände bilden, die sich auf der Zündkerze ablagern.</p>	<p>Eventuell Ölorte wechseln oder Motoreinstellung überprüfen. Bei 4-Takt-Motoren: Ölüberfüllung und/oder hoher Ölverbrauch durch verschlissene Motorkomponenten, fehlerhafter Motorentlüftung. Kolbenringe, Ventilschaftdichtungen, Motorentlüftung überprüfen. Kerze ist zu erneuern, da diese Ablagerungen nicht vollständig zu entfernen sind.</p>
	<p>Zündkerze verschlissen: Aggressive Kraftstoff- und Ölzusätze, ungünstige Strömungseinflüsse im Brennraum, Ablagerungen sowie mangelhafte Kraftstoffqualität. Die Folgen sind Zündaussetzer, besonders beim Beschleunigen und schlechtes Startverhalten.</p>	<p>Verursacher überprüfen, Kraftstoffsorte wechseln.</p>

## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

### Zündkerzen, „Kerzenbild“

	<p>Zündkerze verschlissen: Aggressive Kraftstoff- und Ölzusätze, ungünstige Strömungseinflüsse im Brennraum, Ablagerungen sowie mangelhafte Kraftstoffqualität. Die Folgen sind Zündaussetzer, besonders beim Beschleunigen und schlechtes Startverhalten.</p>	<p>Verursacher überprüfen, Kraftstoffsorte wechseln.</p>
	<p>Zündkerze verölt: Zuviel Öl im Verbrennungsraum, Kolbenringe undicht, Ölstand zu hoch, Zündkerze undicht (lose, defekt) Bei <b>Zweitaktmotoren</b>: Zuviel Öl im Kraftstoff durch falsches Öl/ Kraftstoff-Mischverhältnis</p>	<p>Zündkerzen anziehen, Motor überholen Bei Zweitaktmotoren: Öl/Kraftstoff-Mischverhältnis überprüfen oder bei Getrenntschmierung Einstellung der Ölpumpe überprüfen</p>
	<p>Zündkerze angeschmolzen oder weiß: Thermische Überlastung durch Glühzündung oder zu heiße Verbrennung, Wärmewert könnte zu niedrig sein oder das Treibstoffgemisch zu mager, Motor neigt zum Klopfen</p>	<p>Bei passendem Wärmewert der Zündkerze die Gemischzusammensetzung einstellen (Vergaser oder Einspritzung justieren). Eventuell Oktanzahl des Kraftstoffs überprüfen.</p>
	<p>Zündkerze überbrückt: Länger anhaltender Betrieb bei kaltem Motor/geringer Last; Gemisch zu fett. Bei verbleiten Kraftstoffen kann die Zündkerze durch Bleiablagerungen überbrückt sein.</p>	<p>(Ruß-)Brücke mittels Holzspan entfernen, Motor warmfahren und mit größerer Last betreiben. Das Reinigen mit Drahtbürsten jedweder Art vermeiden, da Metallabrieb am Isolatorfuß wieder zu Funktionsstörungen führt.</p>

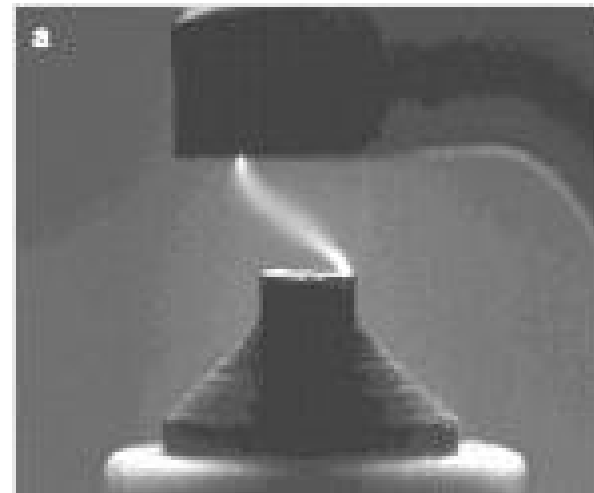
## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

Zündfunke, Funkenlage

Luftfunken

Sprung des Funkens von Masse-  
zu Mittelelektrode

Entzündung des Gas-Lufgemisches,  
das sich zwischen den Elektroden  
befindet



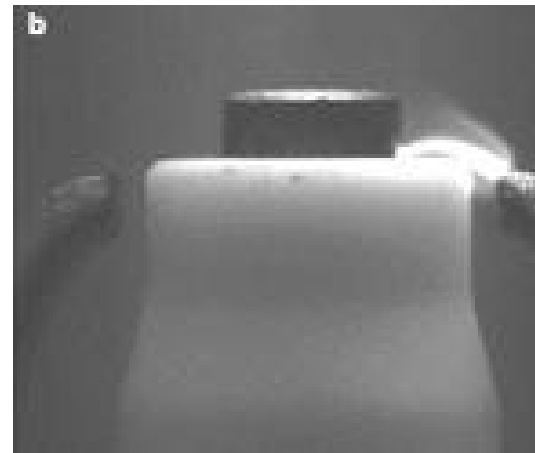
## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

Zündfunke, Funkenlage

Gleitfunken

„kriechen“ des Funkens über Isolatorspitze,  
dann Sprung über einen Luftspalt zur  
Mittелеlektrode

Höhere Elektrodenabstand, geringere  
Spannung erforderlich, größerer Ionenkanal  
Sicherere Gemischzündung

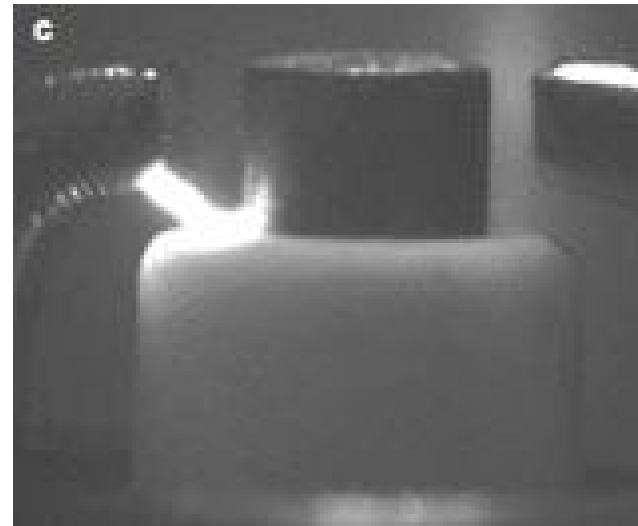


## Zündanlagen Baugruppen / Bauteile Zündfunken erzeugen

Zündfunke, Funkenlage

Luftgleitfunken

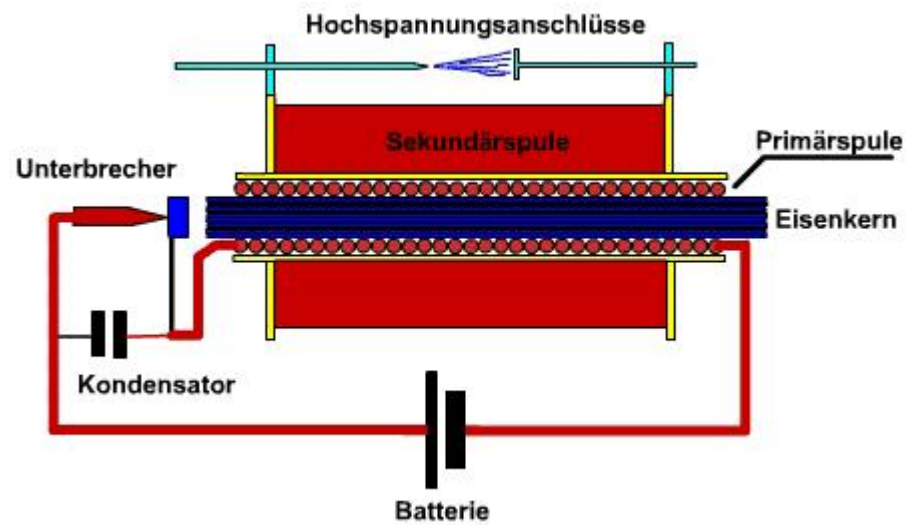
Bestimmte Anstellung der Masse-  
zur Mittelelektrode  
Je nach Spannung, Verschleiß, etc.  
Ausbildung des Funkens entweder als  
Luftfunke oder Gleitfunke



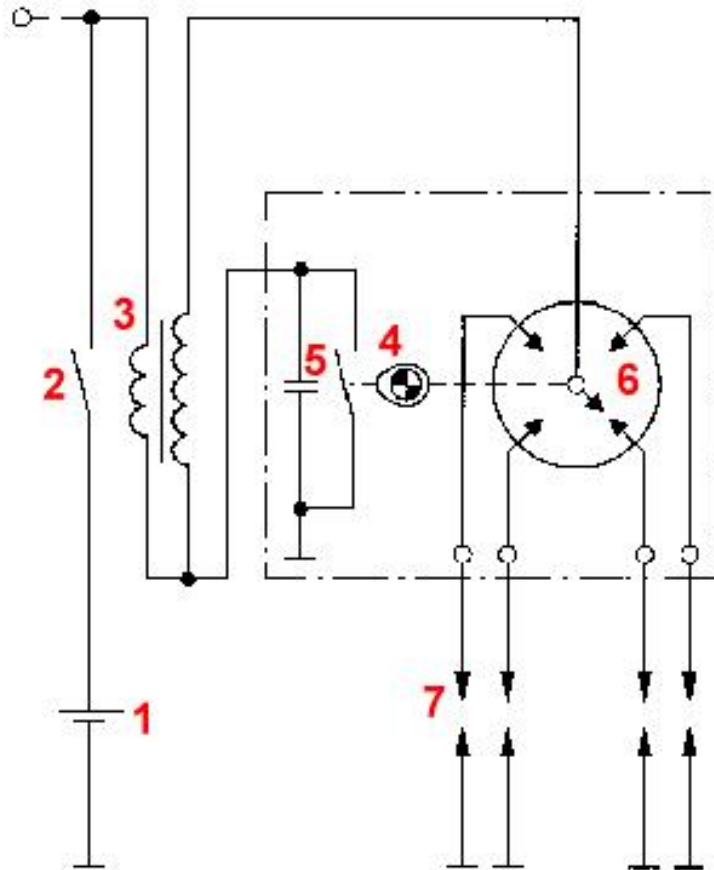


# Zündanlagen Unterbrecherzündung

Prinzipieller Aufbau  
(Unterbrecherzündanlage)



## Zündanlagen Unterbrecherzündung



Schaltplan Unterbrecherzündung

- 1 Batterie
- 2 Zündschalter
- 3 Zündspule
- 4 Unterbrecherkontakt
- 5 Kondensator
- 6 Verteiler
- 7 Zündkerzen

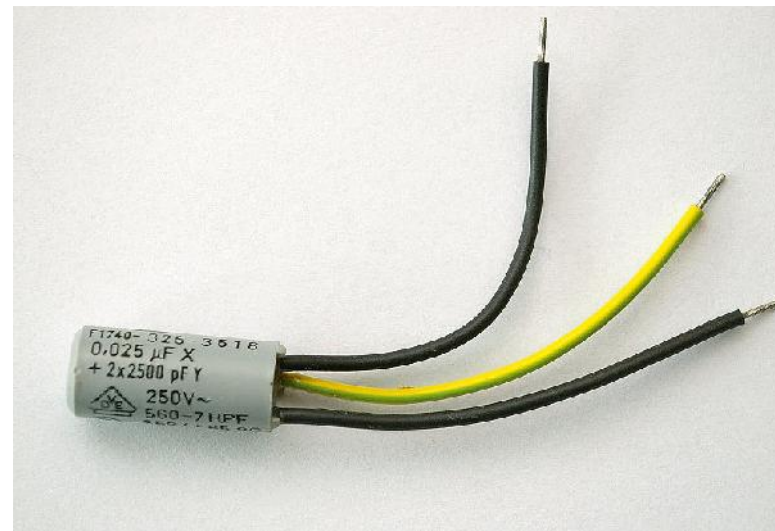
## Zündanlagen Unterbrecherzündung

Parallel zum Kontakt ist ein Zündkondensator (meist  $0,22 \mu\text{F}$ ) geschaltet

Verringerung der Funkenbildung, damit schnellerer Zusammenbruch des Magnetfeldes der Primärspule

Schwingkreis mit Primärspule, bei Resonanzfrequenz optimierte Ladung der Spule

Funkentsörung



## Zündanlagen Unterbrecherzündung

Hat der Motor mehr als einen Zylinder, benötigt Unterbrecherzündung zusätzlich einen Hochspannungsverteiler  
Hochspannung wird über „Vorfunkstrecke“ über rotierenden Verteilerfinger zur Zündkerze geleitet  
Verteiler beinhaltet Drehzahl- und Last-ZZP-Verstellung



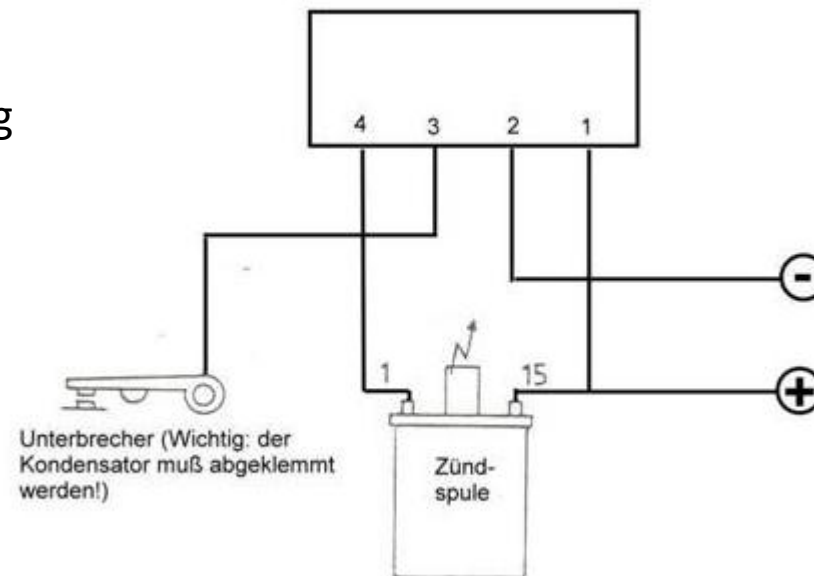


## Zündanlagen Transistor-Spulen-Zündung

### TSZ-k, kontaktgesteuert

Gleiche Funktion wie Unterbrecherzündung  
Schaltarbeit wird durch den Transistor  
geleistet  
Unterbrecher schaltet nur Steuerstrom für  
Transistorbasis

- + schnelles Schalten ( $\mu\text{s}$ -Bereich)
- + hohe Schaltfrequenz
- + kein Verschleiss am Kontakt
- + keine Funkstörung
- begrenzte Schaltleistung
- Sperrwiderstand  $< \infty > 0 \Omega$

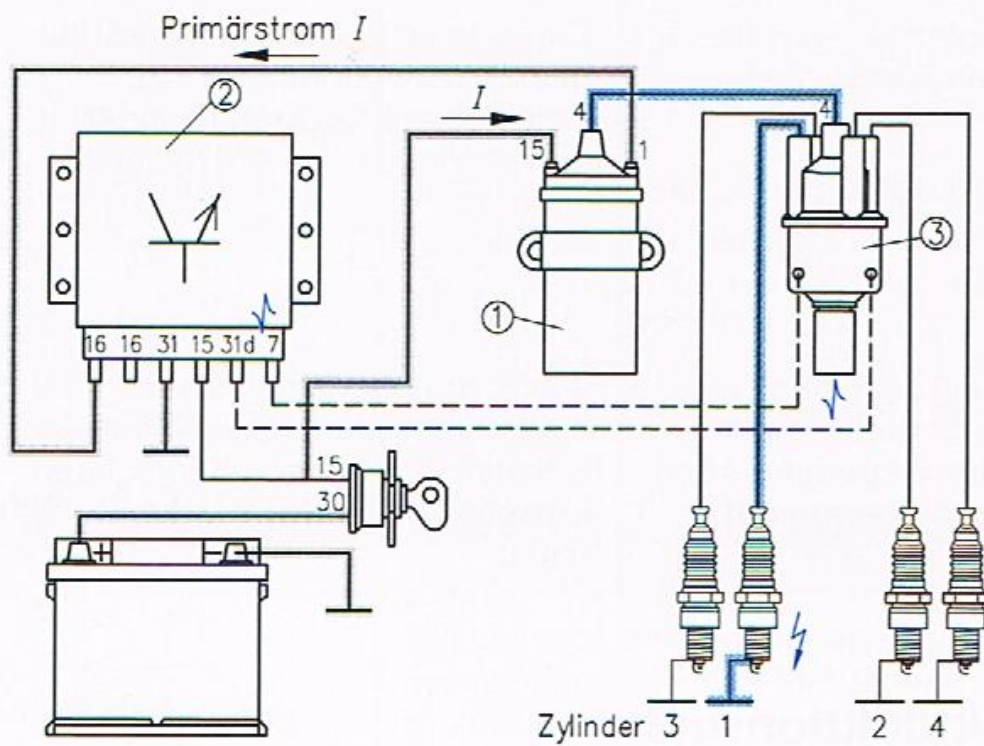




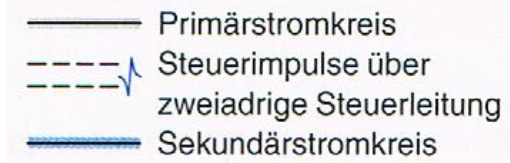


## Zündanlagen Transistor-Spulen-Zündung

### TSZ-i, Induktivbergesteuert

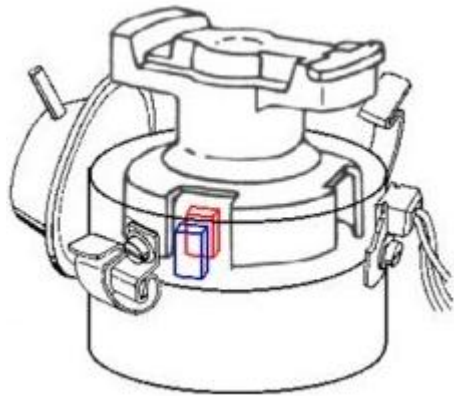


- + berührungsloser Sensor
- Signalumformung erforderlich



## Zündanlagen Transistor-Spulen-Zündung

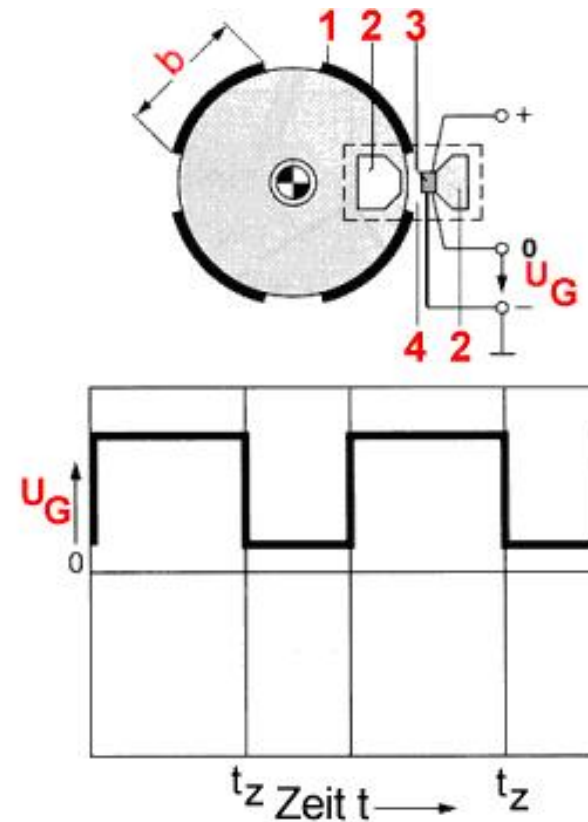
### TSZ-i, Hallgebergesteuert



Gleiche Funktion wie Unterbrecherzündung  
Schaltarbeit wird durch den Transistor geleistet

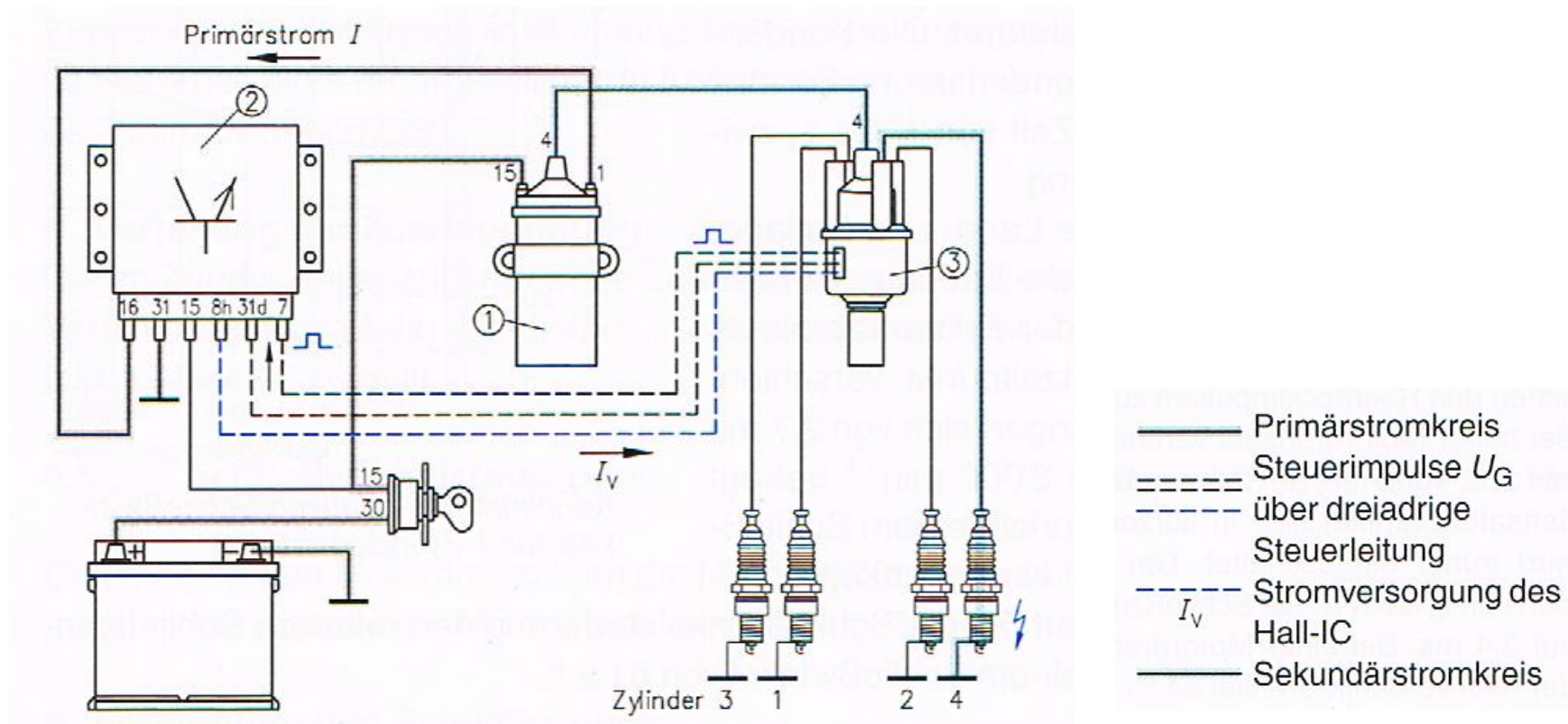
Die Zündauslösung erfolgt durch Hallspannung bei  
Öffnen der Blende

Phase (b) ist gleich Schließzeit

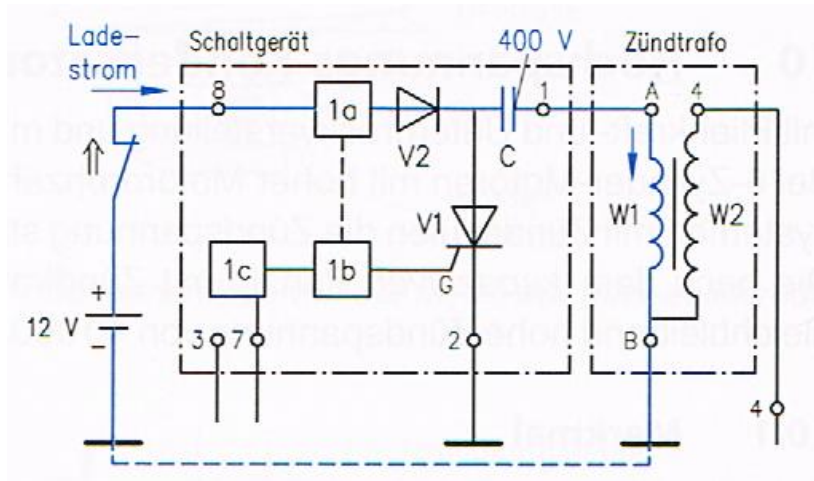


# Zündanlagen Transistor-Spulen-Zündung

## TSZ-i, Induktivgebergesteuert

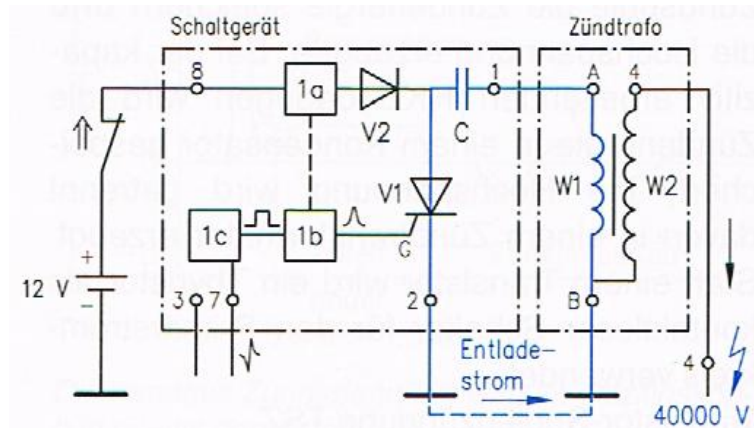


## Zündanlagen Hochspannungskondensatorzündung



### Ladephase

Spannungswandler (1a) lädt Kondensator (C)  
Ladezeit, typisch 0,3 ms



### Hochspannungserzeugung

ZZP von Geber (1c) → Ansteuerung Steuerteil (1b)  
Impulsabgabe an Thyristor (V1), 0,05 ms, 0,2 A  
Entladung Kondensator (C) über Zündtrafo  
Hochspannung im Wicklungsverhältnis  
Diode (V2) verhindert Rückfluss  
Entladestrom sinkt unter Haltestrom Thyristor (V1)  
Thyristor (V1) kippt in Sperrstellung

## Zündanlagen Hochspannungskondensatorzündung

Geber	Verstellung ZZP	Zündsystem
Induktivgeber	Fliehkraft	Rotierende Verteilung
Hallgeber	Unterdruck/Last	Ruhende Verteilung
Lichtschanke	Kennfeld	

## Zündanlagen

### Hochspannungskondensatorzündung

Vorteile	Nachteile
Konstante, hohe Zündspannung	Kurze Funkendauer *
Unempfindlich gegen Nebenschlüsse	Geringe Funkenoberfläche
Schließwinkel ohne Bedeutung	
Gute Eignung für H <sub>2</sub> -Motoren	
Großer Drehzahlbereich	
Vielzylindermotoren	

\*

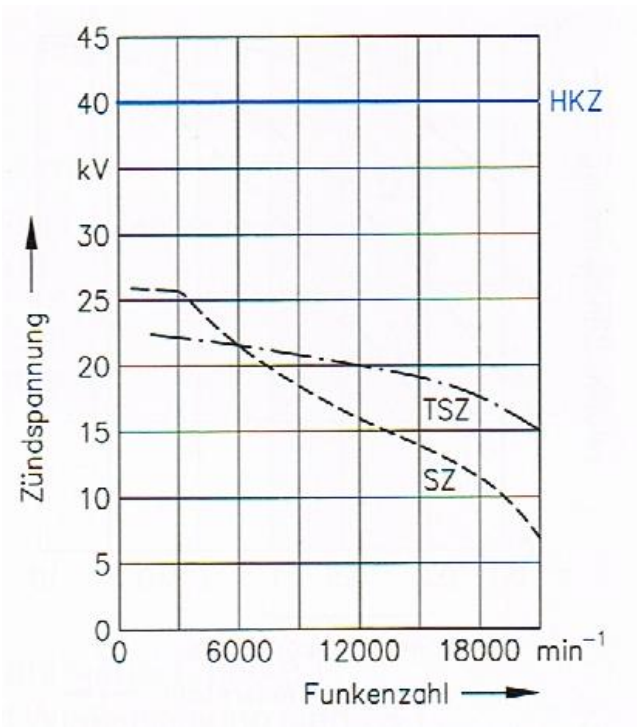
Die Funkendauer T hängt vom Widerstand R der Primärwicklung und der Kapazität C des Zündkondensators ab

$$T \sim R * C$$

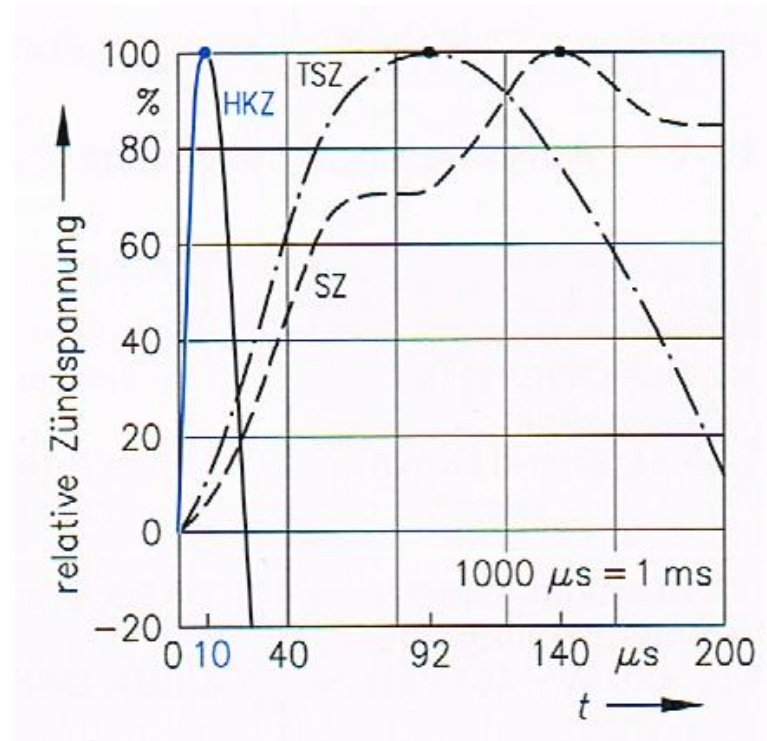
## Zündanlagen

### Vergleich Spulenzündanlagen $\leftrightarrow$ HKZ

Zündspannung über Funkenzahl



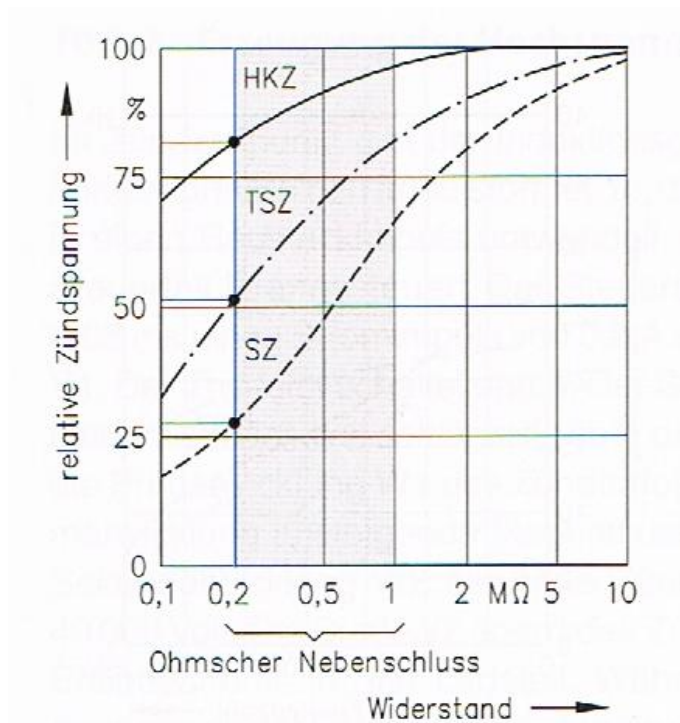
Zündspannungsanstieg





## Zündanlagen Vergleich Spulenzündanlagen $\leftrightarrow$ HKZ

Zündspannungsverlust durch ohmsche Nebenschlüsse



## Zündanlagen CDI - Zündung

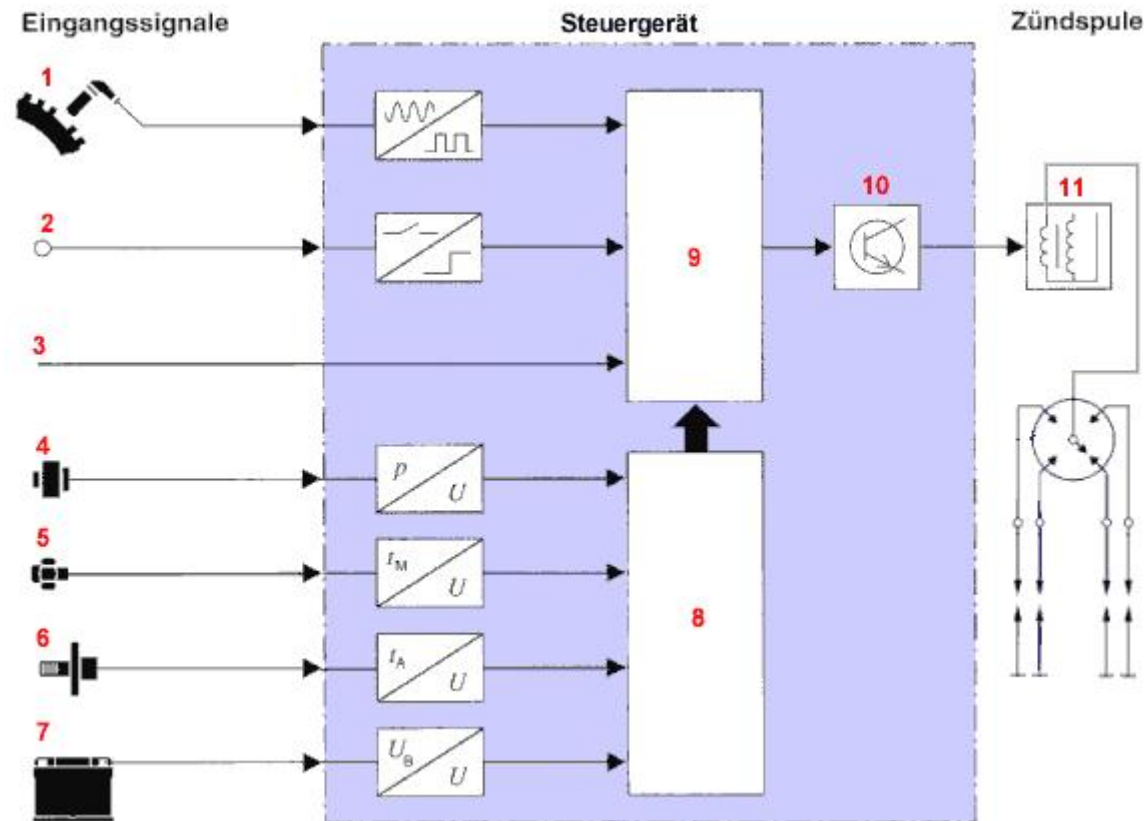
Thyristorgesteuerte Hochspannungszündungen werden oft  
als CDI-Zündung bezeichnet

CDI (**C**apacitor **D**ischarging **I**gnition) ist eine eingetragenes  
Warenzeichen der Daimler Benz AG

## Zündanlagen Elektronische Zündung

Unterschied zur  
Transistorzündung:

Zündzeitpunkt wird  
einem Zündkennfeld  
entnommen  
ZZP wird elektronisch  
im Steuergerät  
ausgelöst.



- |                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| 1 Drehzahlsensor                   | 7 Spannungsversorgung      |
| 2 Schalteingänge (Zündung ein)     | 8 A/D-Wandler              |
| 3 Digitale Schnittstelle (CAN-Bus) | 9 Mikroprozessor (Rechner) |
| 4 Saugrohrdruck / Klopfsensor      | 1 Zündungsendtufe(n)       |
| 5 Motortemperatursensor            | 11 Zündspule               |

## Zündanlagen Elektronische Zündung

### Vollektronische Zündanlage (VEZ)

Kein rotierender Hochspannungsverteiler (ruhende Zündanlage)  
RUV

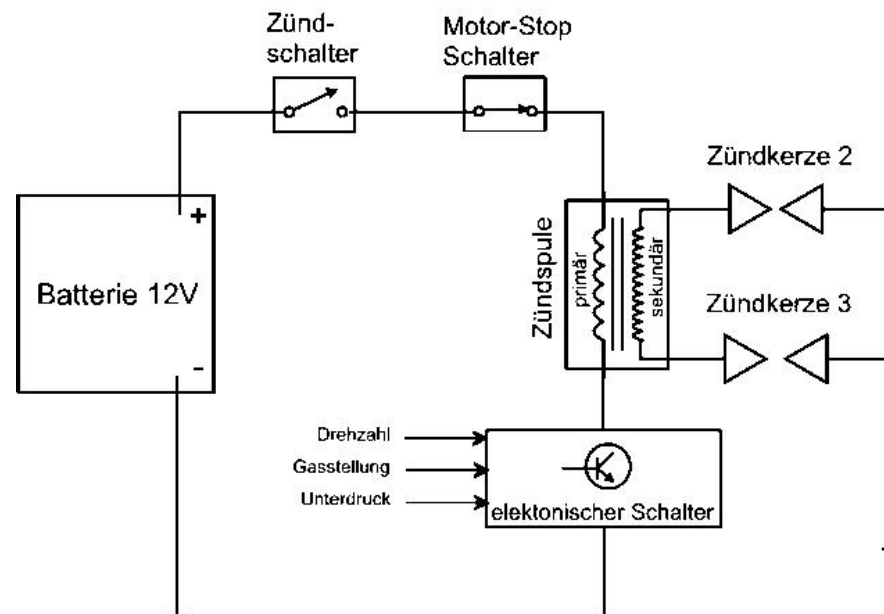
Höhere Betriebssicherheit durch wenige Hochspannung führende Verbindungen

Verschleißarm durch Verzicht auf bewegliche (rotierende) Teile.

geringere Funkstörungen, da keine Funken außerhalb des Verbrennungsraumes entstehen

Sehr genaue Signalverarbeitung

Grundsätzlicher Aufbau



## Zündanlagen

### Elektronische Zündung

#### Vollektronische Zündanlage (VEZ)

##### Vorteile

- kein Spannungsverlust durch Vorfunklen
- Spannungsverlust durch Kriechströme im Verteiler
- kein Verlust an Zündenergie durch „Kondensatorwirkung“ der Zündkabel
- keine Funkstörungen durch Ein-/Ausschalten Primärstrom

## Zündanlagen

### Elektronische Zündung

#### Vollektronische Zündanlage (VEZ)

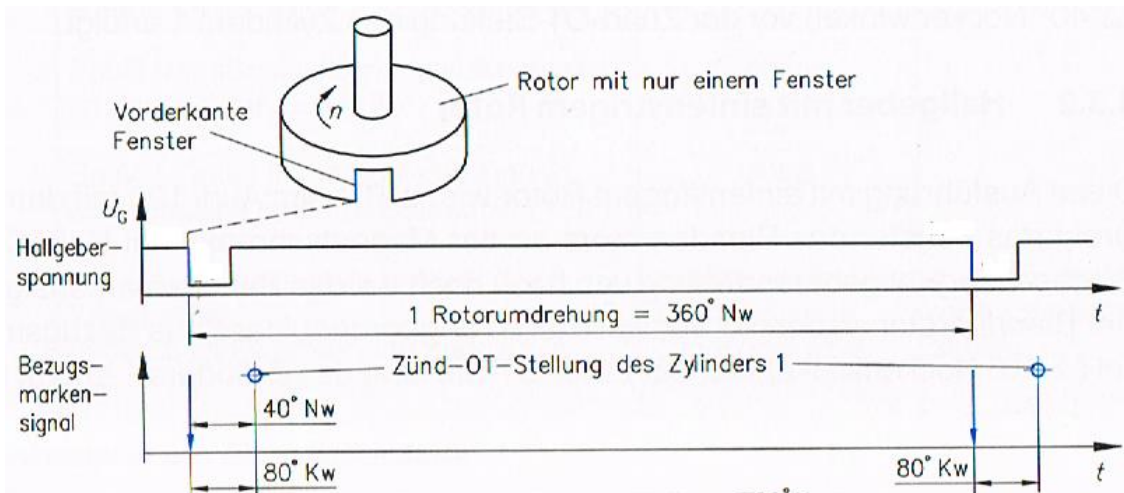
##### Erfordernisse

- mehrere Zündspulen
- Zylindererkennung (Bezugsmarkensignal)
- erweiterte Elektronik
- eine Endstufe / Zündspule

## Zündanlagen Elektronische Zündung

### Vollektronische Zündanlage (VEZ)

Bezugsmarkensignal  
(Beispiel : Hallgeber, einfenstriger Rotor)



Eintreffen OT-Zündung Zylinder 1  
1 weit vor OT, wegen ZZP vor OT



## Zündanlagen

### On Board Diagnose

Einführung aus Gründen der Überwachung der dauerhaften Wirksamkeit von Abgasreinigungssystemen

Land / Region	Einführungsjahr	Bezeichnung
Vereinigte Staaten (Kalifornien)	1987	OBD I
Vereinigte Staaten	1992	OBD II
Europäische Union (EU)	2001	EOBD für PKW-Benzinmotoren
Europäische Union (EU)	2003	EOBD für PKW-Dieselmotoren
Europäische Union (EU)	2005	EOBD I für Nutzfahrzeuge
Europäische Union (EU)	2008	EOBD II für Nutzfahrzeuge
Vereinte Nationen	2015 (geplant)	WWH-OBD

Fahrzeudiagnosesystem zu Überwachung aller abgasbeeinflussenden Faktoren  
Fehler werden signalisiert und dauerhaft gespeichert  
Fehlercodes nach ISO-Norm 15031-6

# Zündanlagen

## On Board Diagnose

### Diagnoseumfang

#### **Elektrische Diagnosen (für die verschiedensten Leitungen)**

Kurzschluss nach Masse, Kurzschluss nach Batterie, Kabelbruch, unplausible Spannung

#### **Sensordiagnosen**

Plausibilitätsdiagnose (Ist-Wert im erlaubten Bereich des derzeitigen Betriebszustandes)

Abgleichdiagnose (mehrere Sensoren werden miteinander verglichen)

#### **Gradientenüberwachung**

Überprüfung, ob der Anstieg eines Sensorsignals real möglich ist

#### **Aktordiagnosen**

Reagiert der Aktor auf eine Ansteuerung (über Sensoren gemessen)?

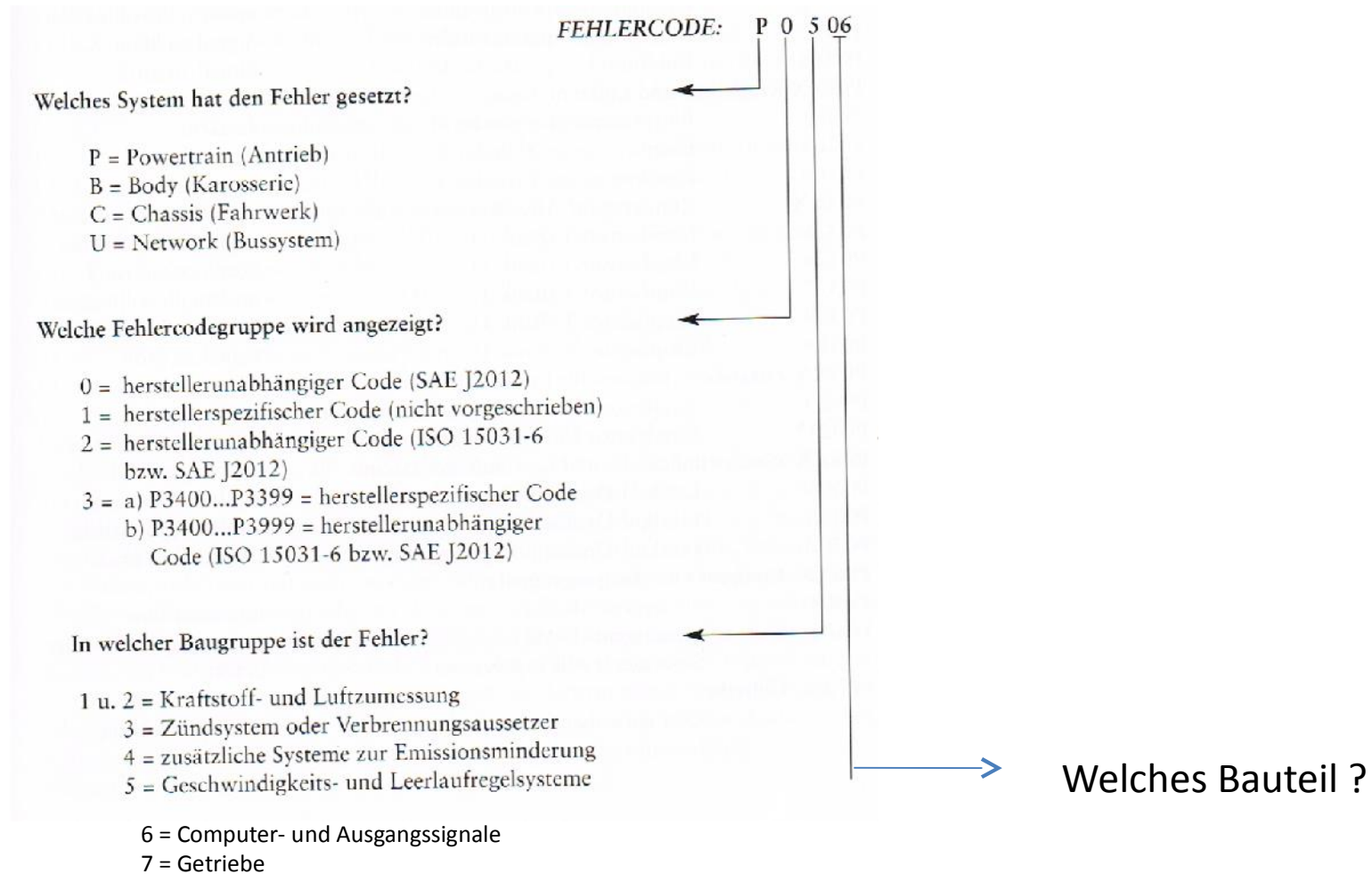
Ausgabewerte eines Systems bei veränderten Bedingungen akzeptabel ? **Zündaussetzer !**

#### **Komponentendiagnosen**

z. B. Tankleckdiagnose, Katalysatordiagnose oder Schlauch-geplatzt-Erkennung.

# Zündanlagen

## On Board Diagnose



## Zündanlagen On Board Diagnose

In diesem Beispiel: P 0 5 0 6 =  
Leerlauf-Drehzahlregelung (Drehzahl zu niedrig)

P0-Fehlercodetabelle (Auszug)

Fehlercode	Funktion	Fehlerart
<b>P01XX Kraftstoff- und Luftzumessung</b>		
P0115	Kühlmitteltemperaturfühler	Funktionsstörung
P0116	Kühlmitteltemperaturfühler	außerhalb Sollbereich
P0117	Kühlmitteltemperaturfühler	Signal zu klein
P0118	Kühlmitteltemperaturfühler	Signal zu groß
<b>P02XX Kraftstoff- und Luftzumessung</b>		
P0267	Einspritzmenge Zylinder 3	zu klein
P0268	Einspritzmenge Zylinder 3	zu groß
P0269	Einspritzmenge Zylinder 3	ungleichmäßig
<b>P03XX Zündsystem/-Aussetzer</b>		
P0325	Klopfsensor 1 (Bank 1)	sporadischer Fehler
P0326	Klopfsensor 1 (Bank 1)	Funktionsstörung
P0327	Klopfsensor 1 (Bank 1)	außerhalb Sollbereich
P0328	Klopfsensor 1 (Bank 1)	Signal zu klein
P0329	Klopfsensor 1 (Bank 1)	Signal zu groß
<b>P04XX Zusätzliche Systeme für Emissionsmessung</b>		
P0420	Katalysator Umwandlungsrate (Bank 1)	zu niedrig
P0421	Katalysator Umwandlungsrate (Bank 1)	zu langsam
<b>P05XX Geschwindigkeits- und Leerlaufregelsysteme</b>		
P0505	Leerlauf-Drehzahl-Regelung	Funktionsstörung
P0506	Leerlauf-Drehzahl-Regelung	Drehzahl zu niedrig
P0507	Leerlauf-Drehzahl-Regelung	Drehzahl zu hoch
<b>P06XX Computer u. -Ausgangssignale</b>		
P0604	Steuergerät (RAM)	interner Fehler
P0605	Steuergerät (ROM)	interner Speicherfehler
P0606	Steuergerät Mikroprozessor	defekt
<b>P07XX Getriebe</b>		
P0700	Getriebebesteuersystem	Funktionsstörung

## Zündanlagen

### Entwicklungsrichtungen

- Zündkerzen
- Laserzündsystem

## Zündanlagen

### Entwicklungsrichtungen

- Zündkerzen

Zündkerze mit integrierten Sensoren

Messung des Verbrennungsdruckes    piezoelektrisches Element

Optische Indiziermesstechnik    Lichtleiter

Messung des Ionenstromes    Gas im Brennraum enthält wegen der hohen  
Temperatur einen Anteil freier Ionen = elektrisch leitfähig

## Zündanlagen

### Entwicklungsrichtungen

- Laserzündsystem

#### Zweck

Erhöhung des thermodynamischen Wirkungsgrades

NO<sub>x</sub> – arme Verbrennung

Zündung von Magergemischen

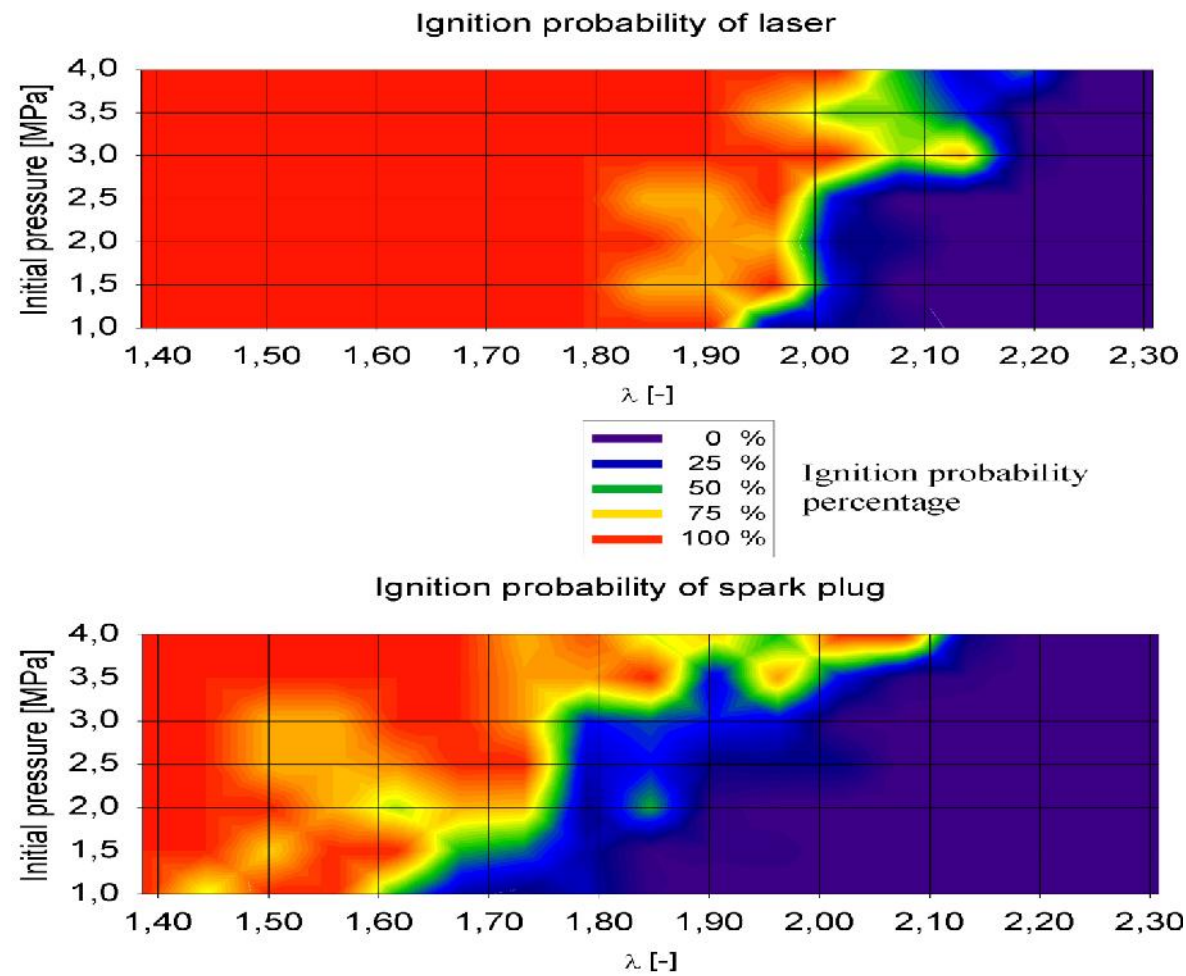
#### Optionen

Wirkungsgrad steigt mit Verdichtungsverhältnis ( $\epsilon$ ) und Luftzahl ( $\lambda$ )

(hohes  $\lambda$  = niedrige Flammtemperatur = geringe Nox-Bildung, höhere Verdichtung erfordert höhere Durchschlagspannung)

## Zündanlagen Entwicklungsrichtungen

- Laserzündsystem





## Zündanlagen

### Entwicklungsrichtungen

- Laserzündsystem

Zündung extrem magerer Gemische möglich → erniedrigte Flammentemperatur → Reduktion der NOx-Emissionen

Keine Erosionseffekte an der Zündkerze → längere Lebensdauer

Höhere Verdichtungsverhältnisse möglich → Steigerung des Wirkungsgrades → Senkung des Verbrauchs

Beliebige Wahl des Fokus → in der Nähe des Zentrums des Verbrennungsraumes möglich um eine optimale Flammenentwicklung zu gewährleisten.

Keine Flammenauslöschungseffekte (Quenching) an den Elektroden der Zündkerze → Zündung magerer Gemische möglich.

In Verbindung mit strahlgeführter Benzindirekteinspritzung ergibt sich weiteres Potential zur Verbrauchsreduzierung

## Zündanlagen Entwicklungsrichtungen

- Laserzündsystem

### FUNKENZÜNDUNG – LASERZÜNDUNG

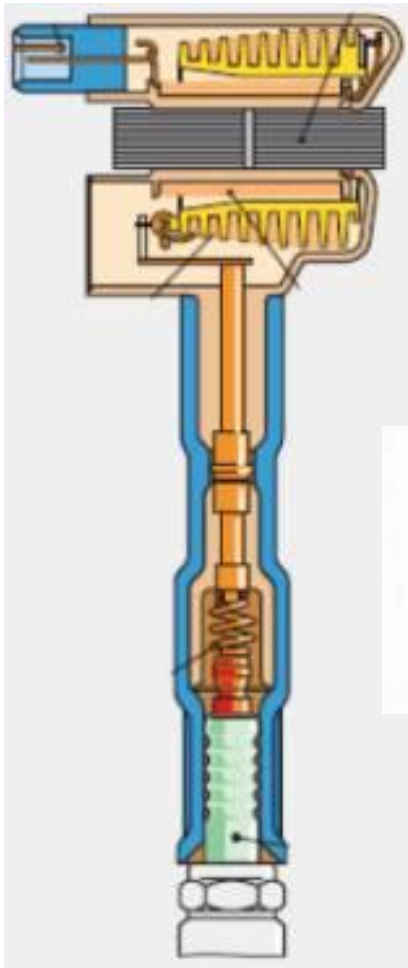
elektrischer Funke zwischen den Elektroden	Plasma im Brennpunkt eines fokussierten Laserpulses
 <small>Bild: Borch</small>	 <small>Bild Inst. f. Experimentalphysik, TU-Graz</small>
Temperatur: 3000-6000°C Funkendauer: ca. 1ms Energieabgabe an das Gas: ca. 7% Zündspannung direkt proportional dem Druck zum ZZP	Temperatur: 100000°C Plasmastandzeit: ca. 25ns Energieabgabe an das Gas: ca. 100% Energie zu Plasmaerzeugung indirekt proportional dem Druck

Bild 1 TÜV Österreich

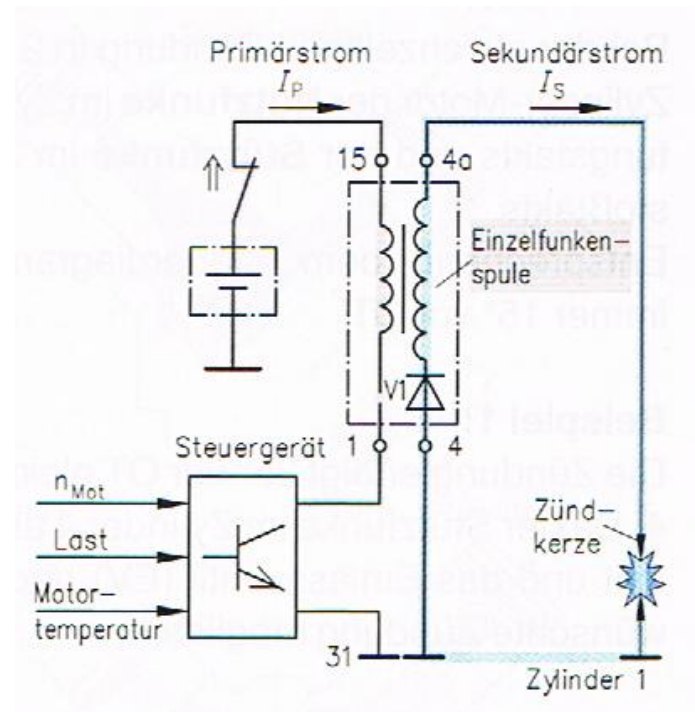
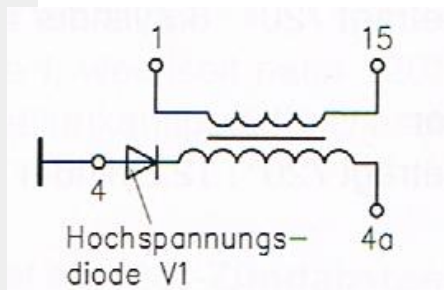
Vergleich Einzelfunkenspule / Laser



## Bauformen der vollelektronischen Zündung Einzelfunkenspule

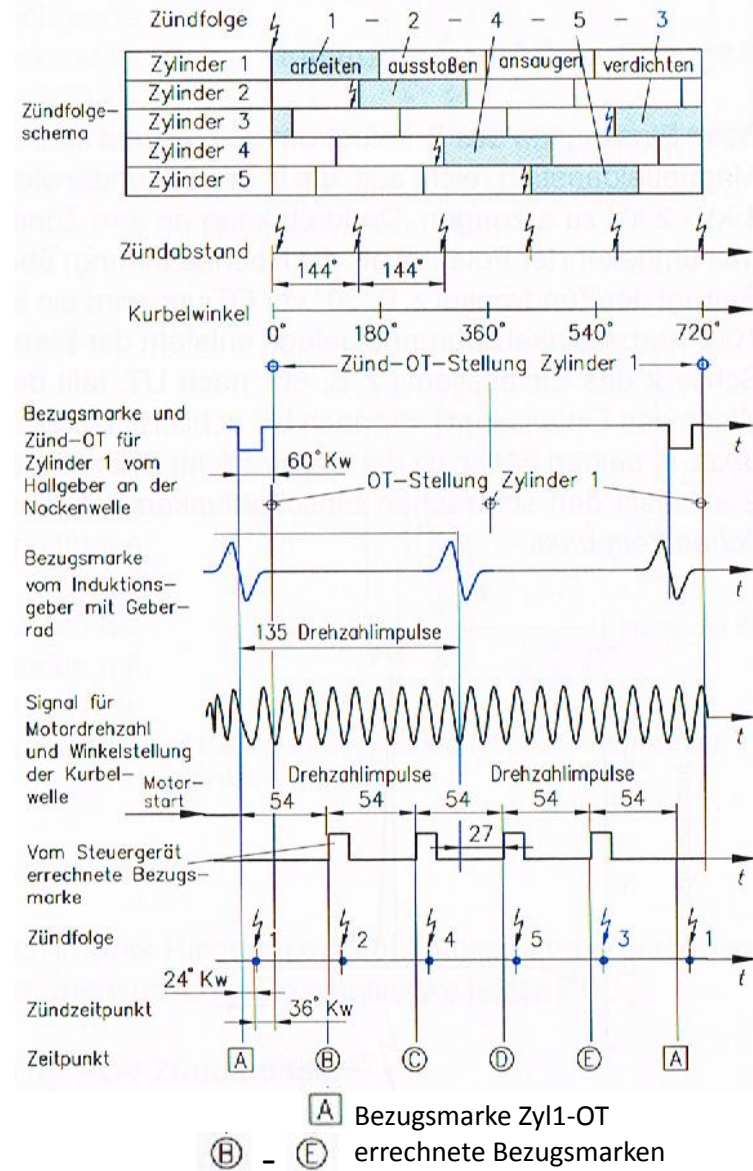
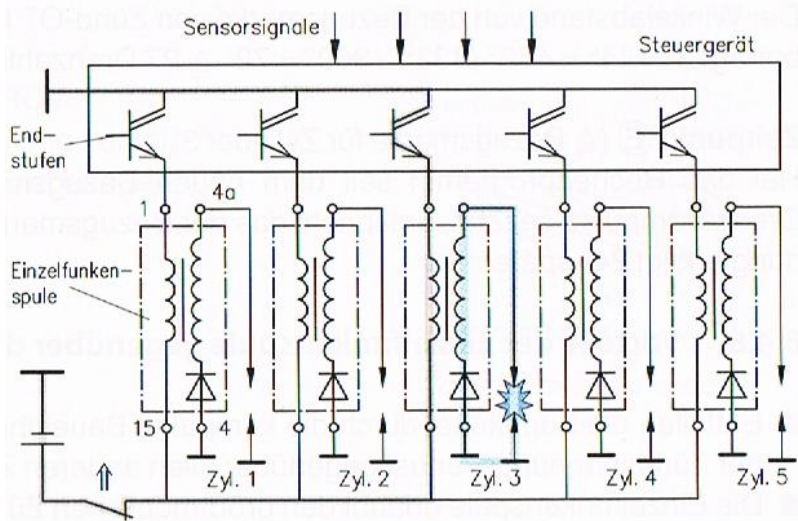


Bei Einzelfunkenspulen (EFS) hat jeder Zylinder seine eigene Zündspule, die vom Motorsteuergerät angesteuert und geregelt wird.



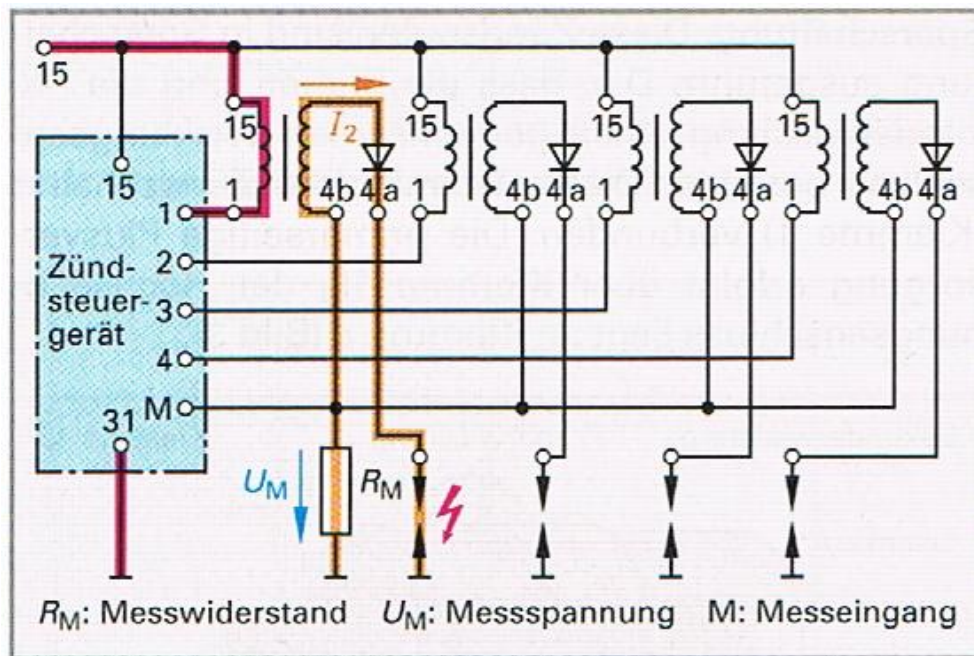
# Bauformen der vollelektronischen Zündung Einzelfunkenspule

## Beispiel 5-Zylinder Motor



## Bauformen der vollelektronischen Zündung Einzelfunkenspule

### Klemmenbelegung



- 1 Zündschalter
- 15 Spannung +
- 16 Zündkerze

- 4a wenn 4b vorhanden wird 4 zu 4a
- 4b Überwachung Zündaussetzer

Auslösung Zündfunke

Niederspannungsseitig durch Leistungs-  
Modul (Verteilerlogik)  
Bezugsmarkensignal von Kurbel-  
und Nockenwelle

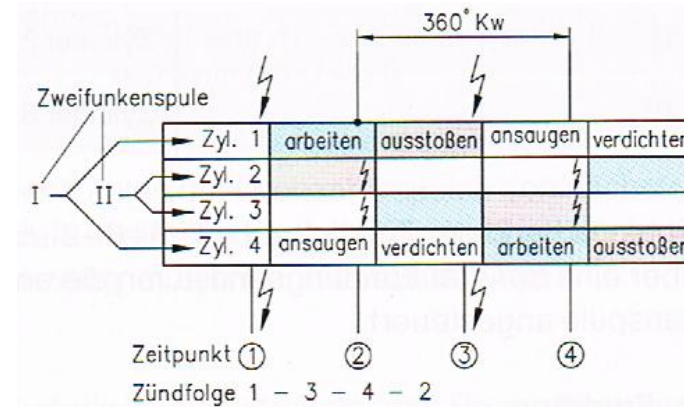
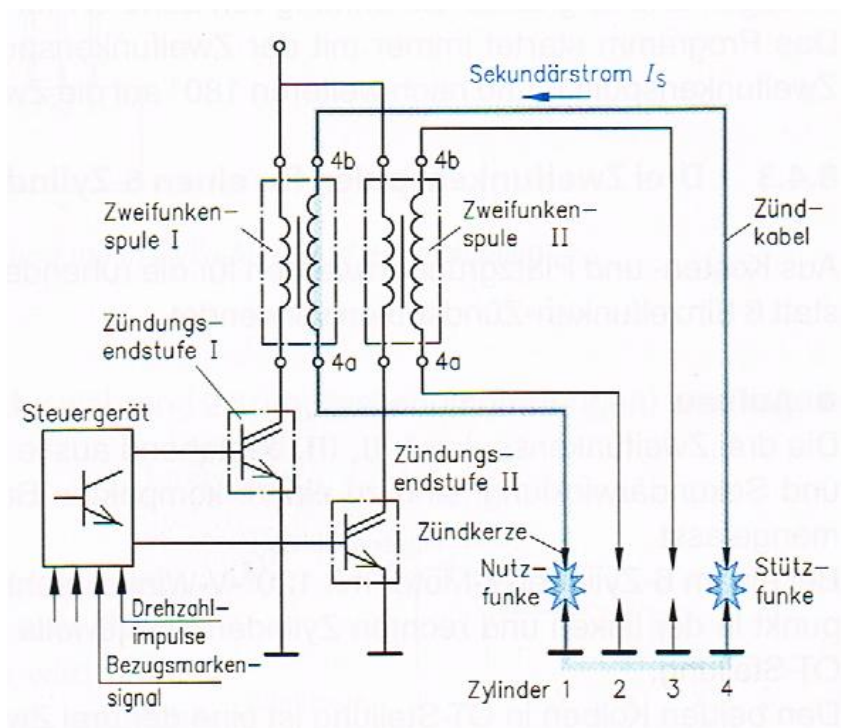




# Bauformen der vollektronischen Zündung

## Doppelfunkenspule

### Schaltplan und Zündschema 4-Zylinder Reihenmotor

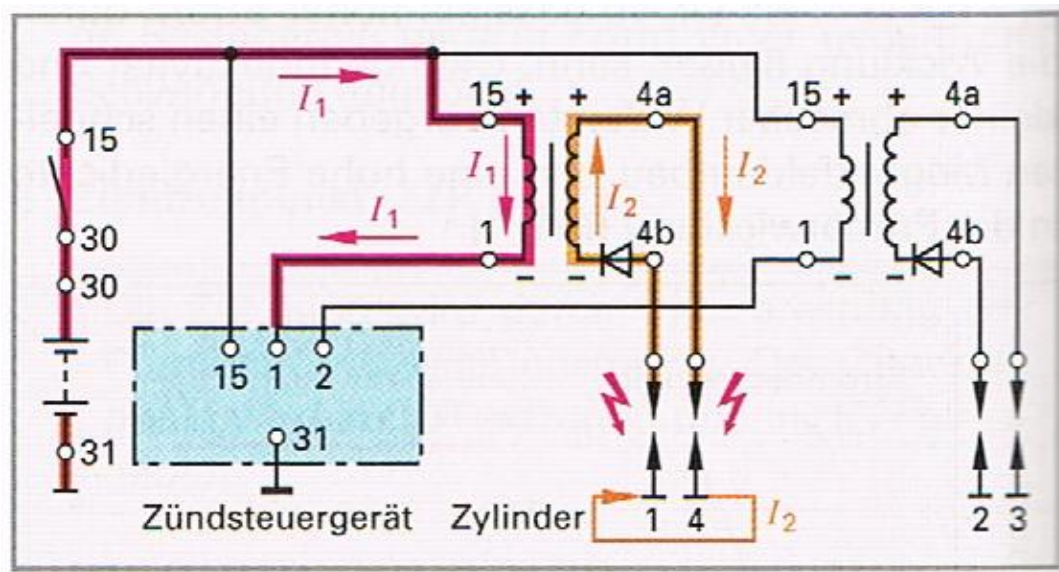


## Bauformen der vollelektronischen Zündung

### Doppelfunkenspule

## Entwicklung von Zündanlagen

### Klemmenbelegung



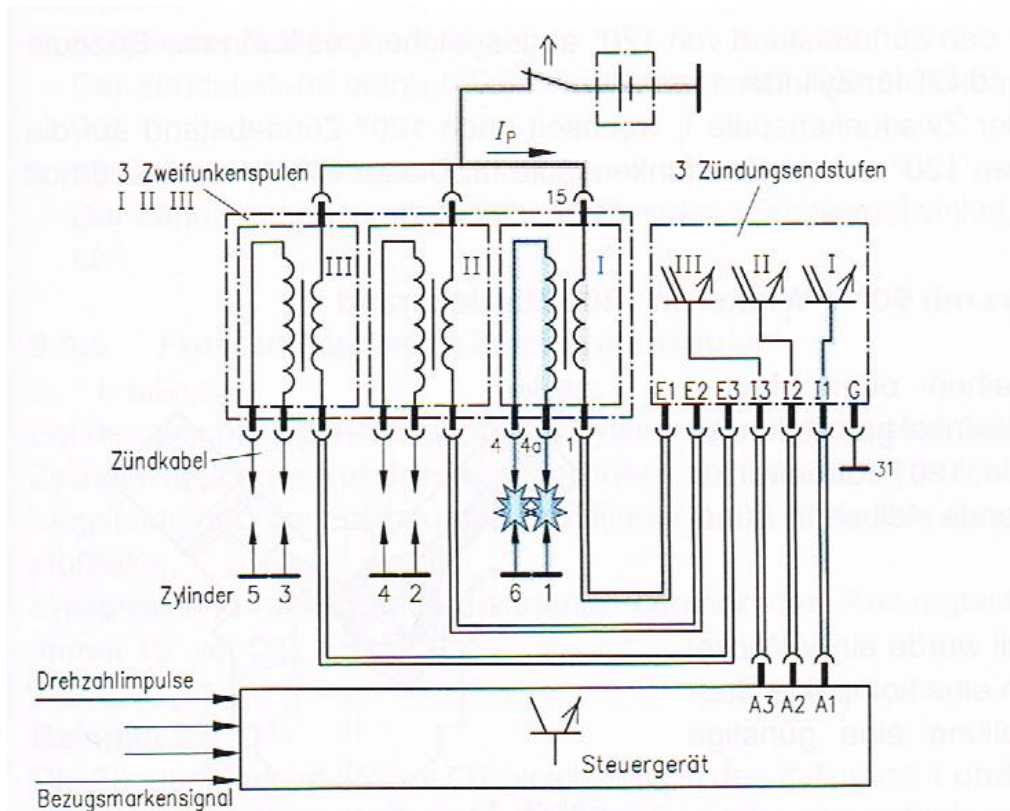
- 1 Zündschalter
- 15 Spannung +
- 4a,b Hochspannungsausgang

Bei jeder Kurbelwellenumdrehung  
Gleichzeitiger Funke an zwei Kerzen  
Hauptfunke-Stützfunde



## Bauformen der vollektronischen Zündung Doppelfunkenspule

### Schaltplan 6-Zylinder Motor, Zyl 1 + 6 gleichzeitig

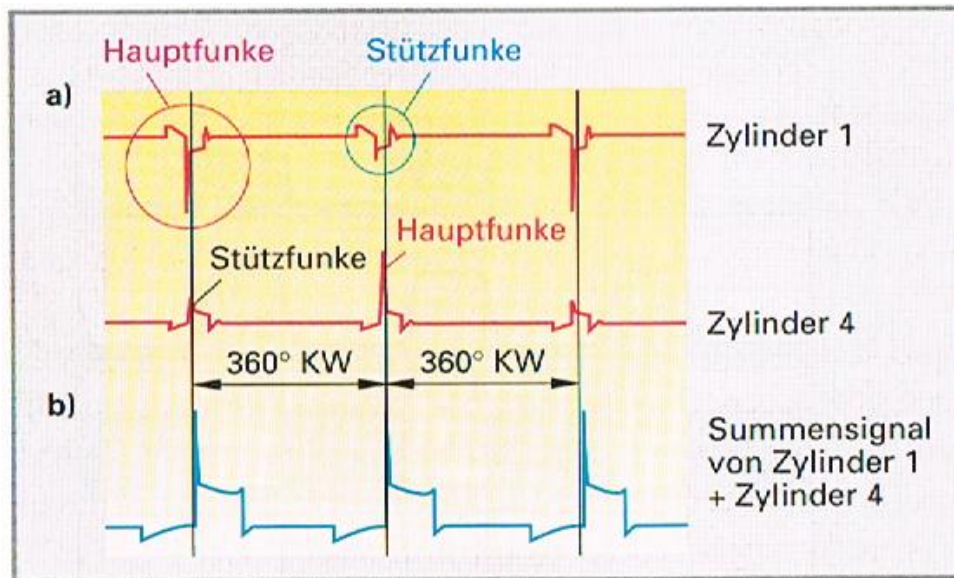


Kein Stützfunke, 2 Nutzfunkten

# Bauformen der vollelektronischen Zündung

## Doppelfunkenspule

### Oszillogramm



Spannungsverlauf an der Sekundärspule

Zündspannung beim Stützfunken  
wesentlich niedriger (vgl. Durchbruch-  
spannung)

# Bauformen der vollelektronischen Zündung

## Übersicht Spulen

Zylinderzahl	Spulenart	Zündfunke	Zündkabel	Anwendung
2	ZWF (1)	2 Funken (1 Arbeitstakt, 1 Ausstoßtakt)	Erforderlich	Gerade Zylinderzahl
4	ZWF (2)	Spule 1 + 2 abwechselnd Zündabstand 180°	„	„
6	ZWF (3)	Spulen 1, 2, 3 abwechselnd Zündabstand 120°	„	„
Beliebig	EZF	Ein Zündfunke / Zylinder	Entfällt	gerade + ungerade Zylinderzahlen

## Bordelektronik

### Stromlaufplan, Allgemeines

- Graphische Darstellung einer elektrischen Schaltung
- Kein Zusammenhang mit der realen Einbauposition
- Stromlaufpläne können individuell, firmenspezifisch oder nach Normen erstellt werden
  - DIN EN 60617 Graphische Symbole für Schaltpläne
  - DIN EN 61082 Dokumente der Elektrotechnik
    - DIN EN 61355 Klassifikation und Kennzeichnung von Dokumenten für Anlagen, Systeme und Einrichtungen
- Elemente des Stromkreises (elektrische Betriebsmittel und Leitungen) werden durch genormte Schaltzeichen (Symbole) dargestellt

## **Bordelektronik**

### **Stromlaufplan, Allgemeines**

typische Ausführungsarten

#### **Wirkschartplan**

Darstellung im Wirkungszusammenhang , zusätzliche Symboldarstellung mechanischer Wirkungslinien. Nähe zum realen Aufbau.

#### **Stromlaufplan,**

Darstellung streng nach der einzelnen Stromdurchlauffolge der Bauteile Wirkzusammenhang durch die Verfolgung zusammengehöriger Teile (Signalnamen) Außenleiter, Neutralleiter und Schutzleiter der Hauptzuleitungen meist horizontal am oberen und unteren Rand der Zeichnung. Dazwischen einzelne Strompfade , möglichst kreuzungsfrei . Aufteilung auf Baugruppeneben üblich

#### **Übersichtsschartplan**

Variante des Stromlaufplans, hauptsächlich für 3 und 5 polige Drehstromanlagen, parallele Datenleitungen

#### **Installationsplan**

ähnlich Übersichtsplan

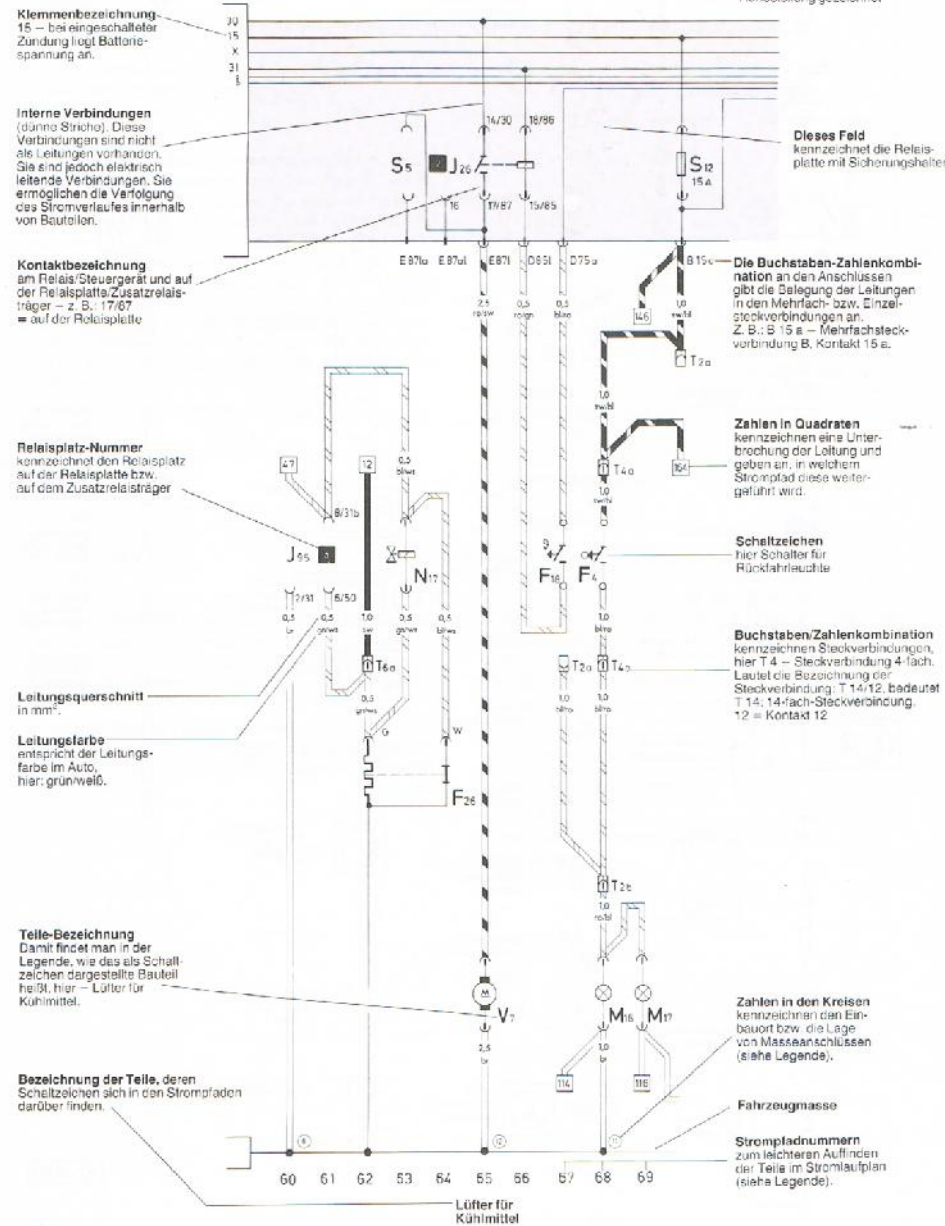
#### **Einliniendiagramm**

vereinfachte Form des Stromlaufplanes , verwendung Energietechnik , Kraftwerksbau

# Bordelektronik

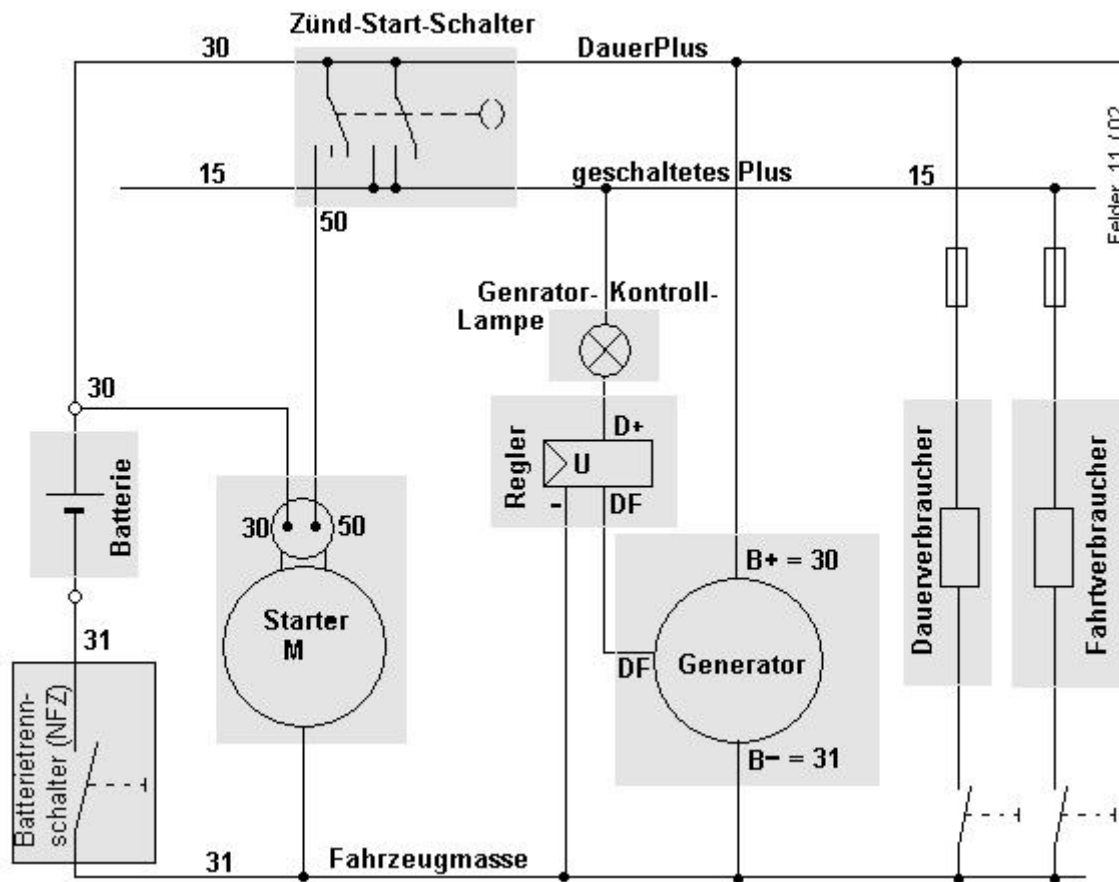
## Stromlaufplan, allgemein

### Gebrauchsanleitung für Stromlaufpläne



# Bordelektronik

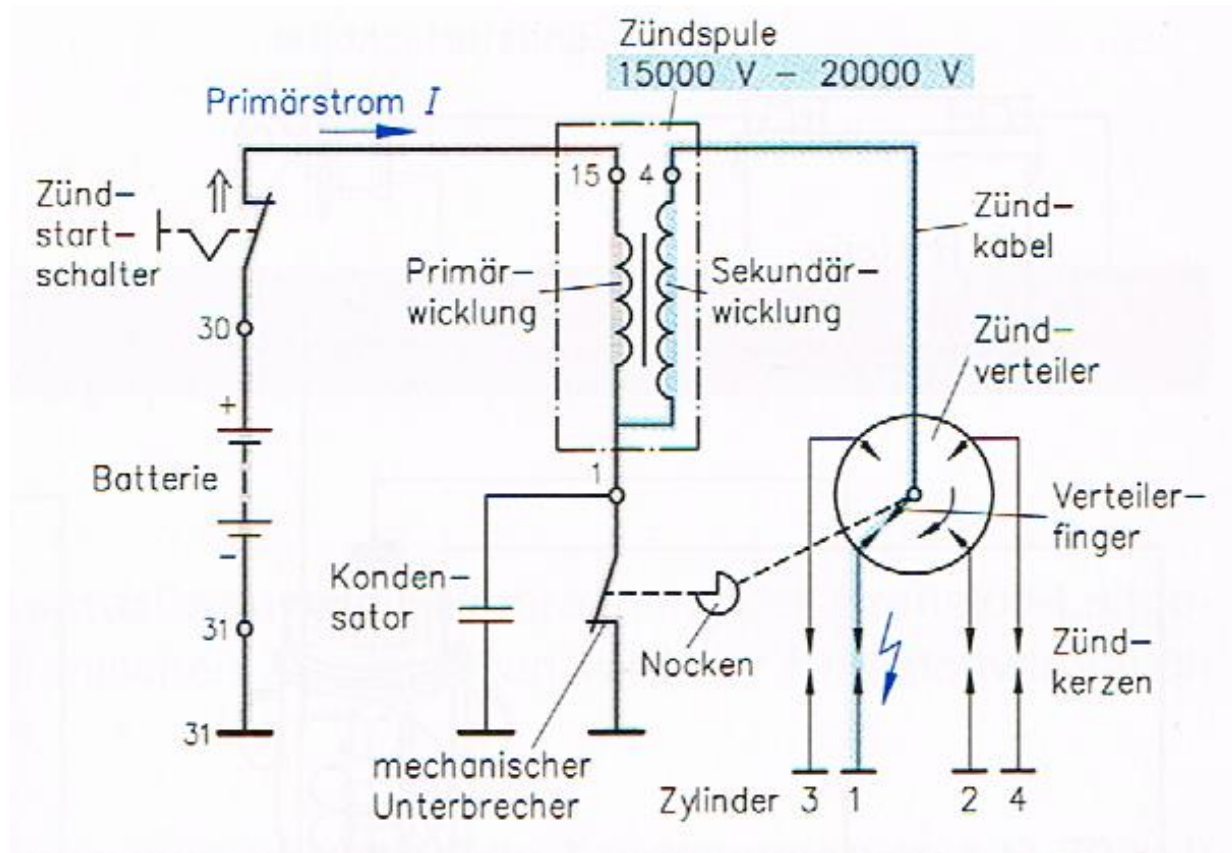
## Stromlaufplan, Allgemeines





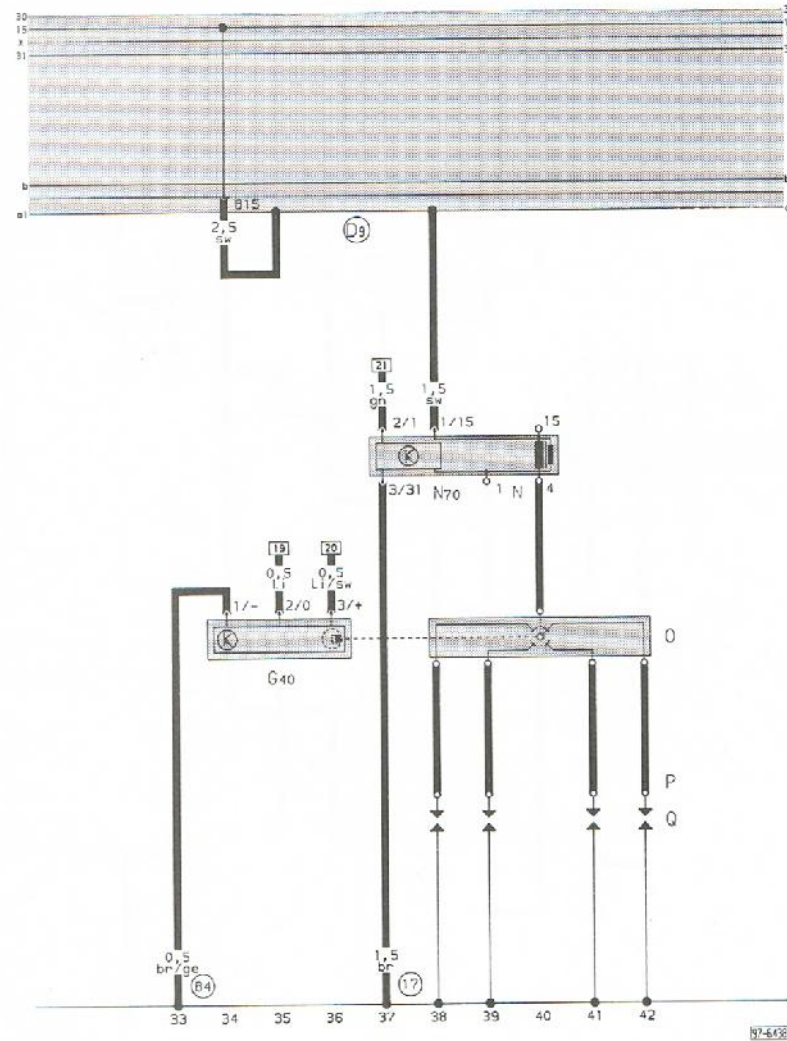
## Bordelektronik

### Primärkreis, Sekundärkreis



# Bordelektronik

## Stromlaufplan Zündanlage (Beispiel)



- |  |             |
|--|-------------|
| G 40 - Hallgeber   | 34-36       |
| N - Zündspule  | 40          |
| N 70 - Zündspule mit Leistungsstufe  | 37-40       |
| O - Zündverteiler  | 38-42       |
| P - Zündkerzenstecker  | 38,39,41,42 |
| Q - Zündkerzen   | 38,39,41,42 |
| [17] - Massepunkt am Saugrohr  | 37          |
| [84] - Masseverbindung, Motormasse, im Leitungsstrang vorn rechts          |             |
| [09] - Plusverbindung (15) über Sicherung 27 im Leitungsstrang vorn rechts |             |

Fehlerquellen im elektronischen Zündsystem												Prüfschritte	
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫		
fehlende Spannungsversorgung im Primärstromkreis	Defekt im Primärstromkreis	zu hoher Spannungswert	vom Sollwert abweichender Schließwinkel	von der Grundwertefehlstellung abweichender Zündzeitpunkt	fehlerhafte Zündwinkelverstellung	Defekt in der Hochspannungs-Isolation	Zündaussetzer	sporadisch kein Zündfunke	kein Motordrehzahl- und OT-Signal	kein Motorlast-Signal	klopfende Verbrennung		
X	X					X	X					<b>Zur Beachtung:</b> Wird bei der Motordignose kein Fehler in der Motormechanik oder Gemischaufbereitung gefunden, Ist als weiterer Schritt die Zündanlage zu überprüfen.  <b>Ursache/häufigster Fehler für sporadische Zündaussetzer.</b>  <b>Prüfschritte</b> 1. Sichtprüfung: defekte Isolation, Zündkabel, Verteilerkappe, lockere bzw. korrodierte Steckkontakte zum An- und Abklemmen von Testgeräten bzw. Austausch von Teilen 2. Zündung AUS: defekte Isolation, Zündkabel, Verteilerkappe, lockere bzw. korrodierte Steckkontakte zum An- und Abklemmen von Testgeräten bzw. Austausch von Teilen 3. Wenn Eigendiagnose vorhanden: Fehlerspeicher auslesen 4. Fehler beheben und Fehlerspeicher löschen 5. Motorlauf bzw. Probefahrt 6. Bei Eigendiagnose: zur Endkontrolle Fehlerspeicher noch mal auslesen	
						X	X	X				<b>zu überprüfen Bauteile/fehlende Gebersignale</b> ↴	
												1.	Hochleistungs-Zündspule – primärseitig
						X	X	X				2.	Hochleistungs-Zündspule – sekundärseitig
X			X	X								3.	Zündsteuergerät oder Motronicsteuergerät
	X	X						X				4.	Zündungsendstufe im Steuergerät oder an der Zündspule
						X	X	X				5.	Zündverteiler: Verteilerkappe/Verteilerfinger
						X	X	X		X		6.	Zündkerze: Elektrodenabstand, Nebenschluss, Wärmewert
								X				7.	Induktions-/Hallgeber im Zündverteiler zur Zündauslösung
X								X				8.	Hallgeber, einfenstrig, an der Nockenwelle (Zünd-OT Zylinder 1)
X								X				9.	Lichtschranke im Zündverteiler: Zündauslösung OT- und Zylindererkennung
						X		X				10.	Induktionsgeber und Zahnkranz für Motordrehzahl $n_{Mot}$
								X	X				oder Induktionsgeber und Geberscheibe für $n_{Mot}$ und Bezugsmarke
						X		X	X			11.	Motorlast-Sensor: Luftmengen- oder Luftmassenmesser, Saugrohr-Druckgeber, Drosselklappen-Potentiometer
										X		12.	Klopfsensor
			X							X		13.	Temperatursensor: = Temperatur von Kühlmittel/Öl oder Ansaugluft
			X							X		14.	Kodierstecker für Kraftstoff-Oktananzahl
			X	X								15.	Mechanische Fliehkraft- und Unterdruckverstellung

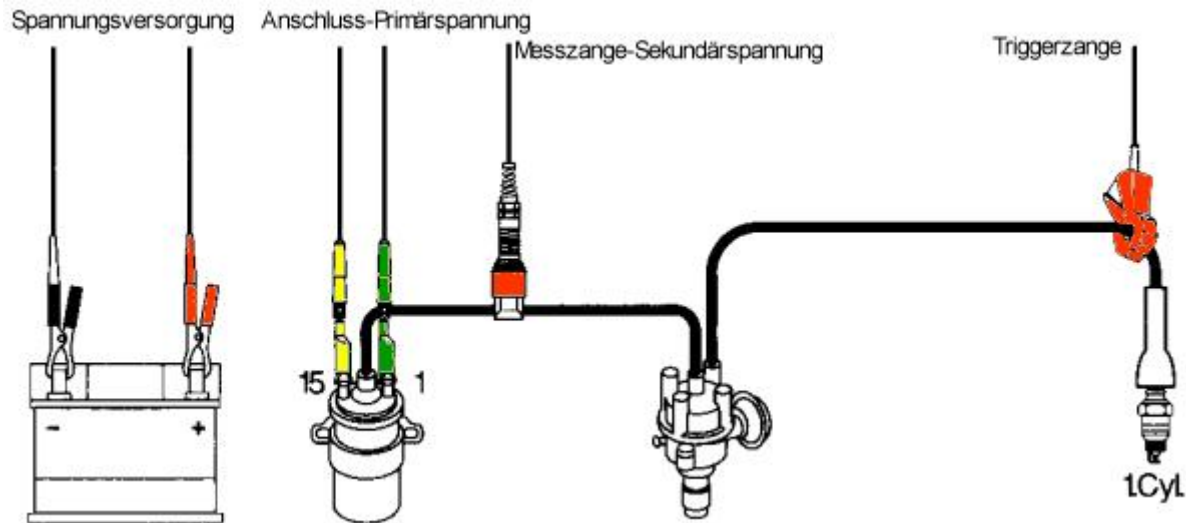
## Wartung und Fehlersuche Fehlermöglichkeiten

### Häufige Fehlerquellen an elektromischen Zündsystemen



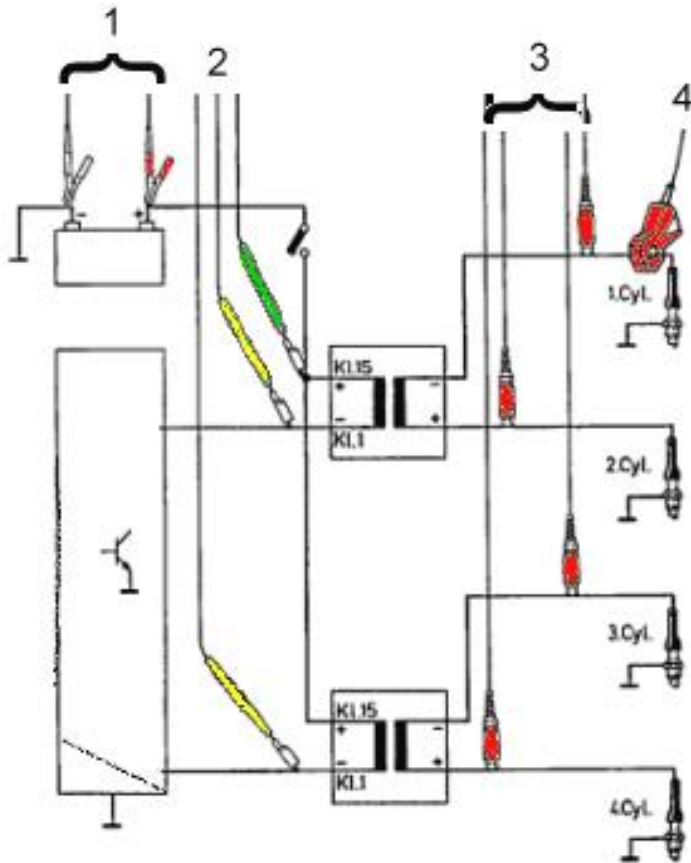
## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder

Normale Zündanlage:  
Das Zündoszilloskop benötigt folgende Anschlüsse



## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder

Anschluss bei Doppelfunkenspulen:

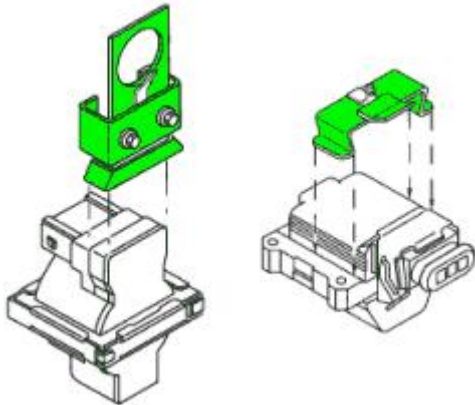


- 1 Spannungsversorgung
- 2 Anschlüsse für Primärspannungsmessung (Klemme 1 und 15)
- 3 Hochspannungsanschlüsse
- 4 Triggerzange (Zylinder 1)

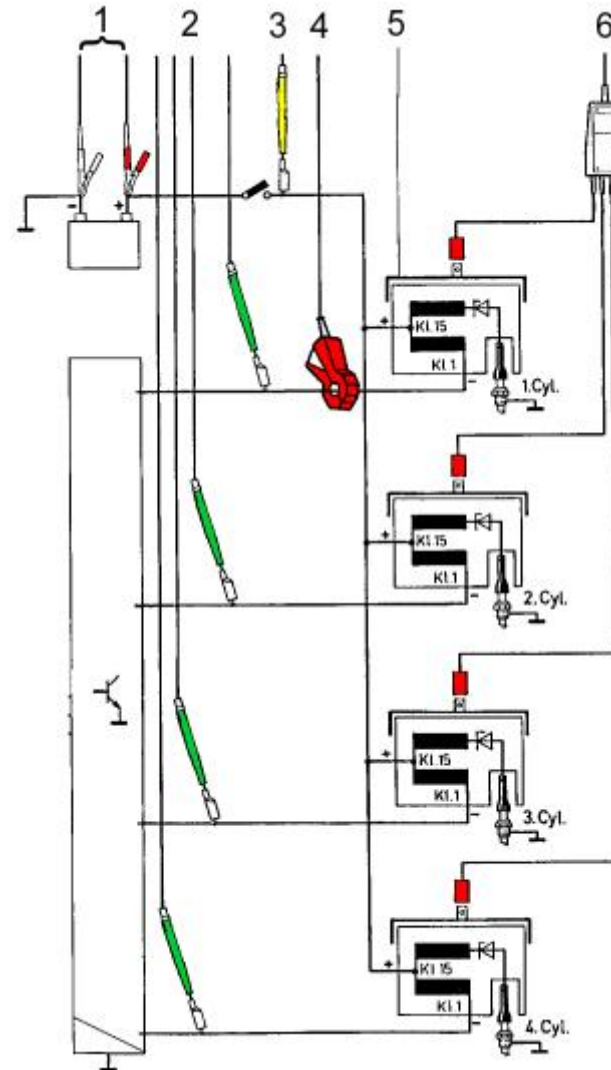
## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder

### Anschluss bei Einzelfunkenspulen

- 1 Spannungsversorgung
- 2 Anschlussklemmen Primärspannung. Die Zuordnung der Klemmen zu den einzelnen Zylindern muß beachtet werden.
- 3 Anschluss Klemme 15
- 4 Spezielle Triggerzange an Klemme 1 des 1.Zylinders
- 5 Sekundärspannungssensoren (Adapterbleche)
- 6 Prüfadapter (Sekundärspannungsmessung)



Adapterbleche



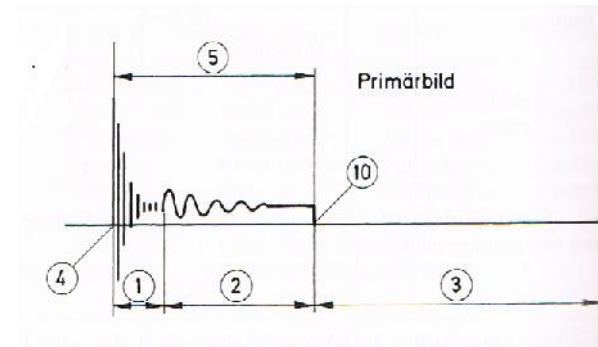
# Wartung und Fehlersuche

## Oszilloskopische Messungen,

### Normaloszillogramm

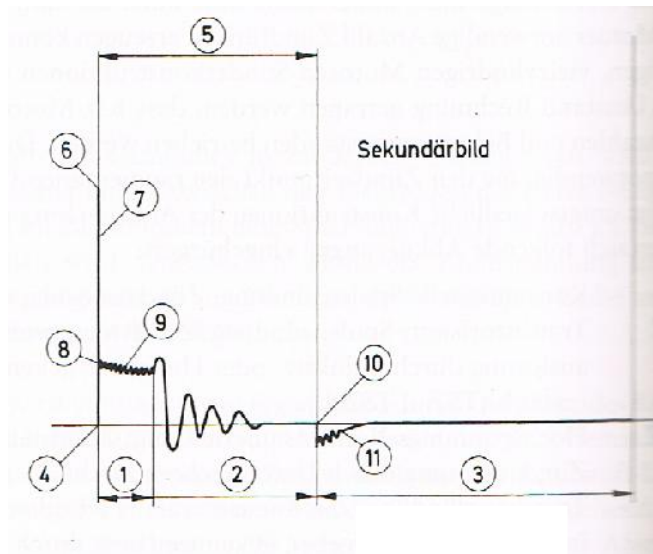
#### Primärbild

- 1 Funkendauer
- 2 Ausschwingen
- 3 Schließabschnitt
- 4 Schalter öffnet



#### Sekundärbild

- 4 Schalter öffnet
- 5 Öffnungszeit
- 6 Zündspannung
- 7 Vorspannungslinie
- 8 Brennspannung
- 9 Brebbspannungslinie
- 10 Schalter schließt
- 11 Einschaltinduktion

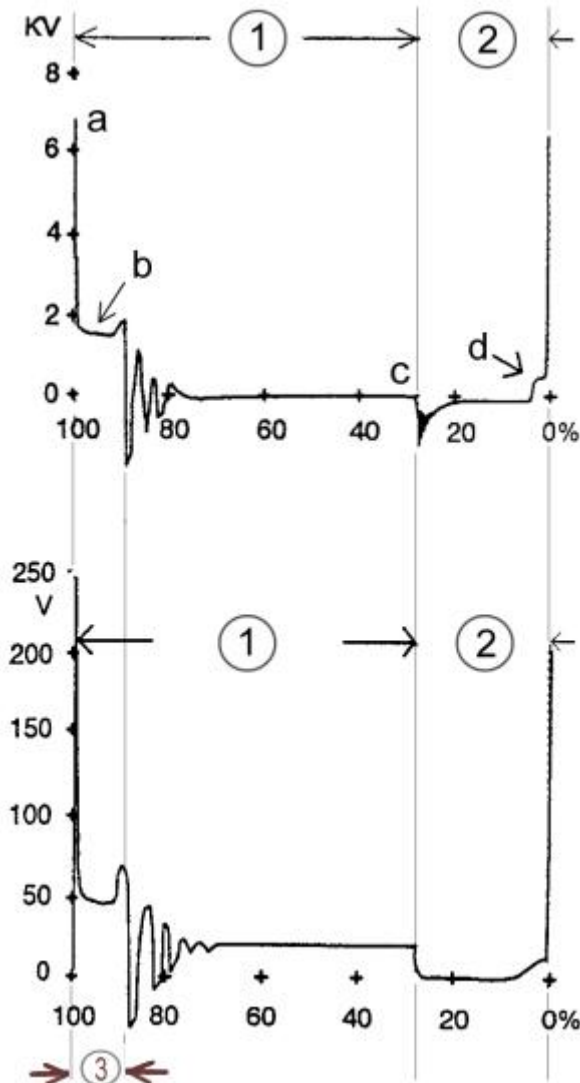




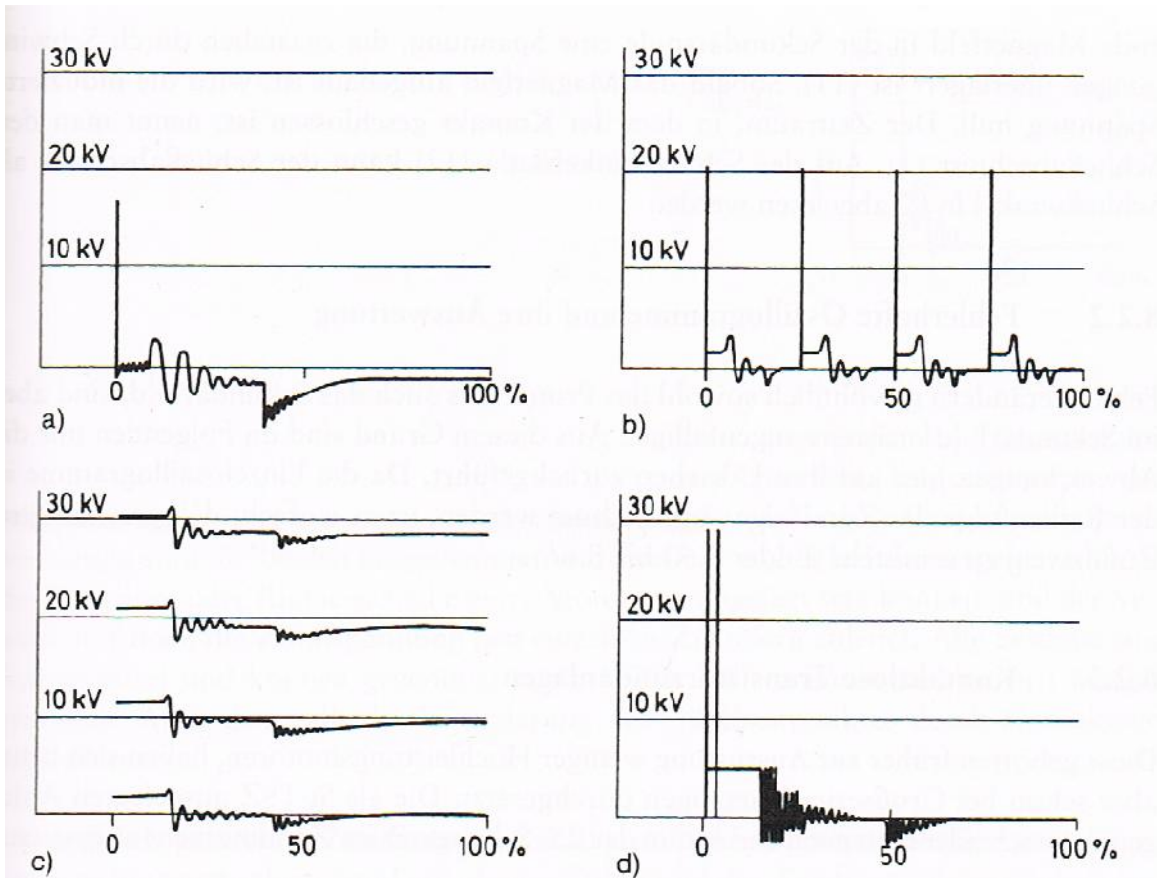
## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder

### Normaloszillogramm

- 1 Öffnungsabschnitt. Primärstrom abgeschaltet.  
Öffnungsabschnitt beginnt mit dem Zündzeitpunkt.
  - 2 Schließabschnitt. Primärstrom eingeschaltet. Anstieg bis Primärstrombegrenzung  
Im Diagramm kann der Schließwinkel in Prozent abgelesen werden.
  - 3 Brennabschnitt. Typische Werte der Brennspannungsdauer: 1,5 bis 2ms.
- a Zündspannungsnadel. Zum Zeitpunkt a wird der Primärstrom durch die Zündungsendstufe abgeschaltet. Der Zündfunke springt an der Zündkerze über (Zündzeitpunkt).
- b Brennspannungslinie. Ist der Funke gezündet, ist nur noch die Brennspannung notwendig, um den Funken aufrecht zu erhalten.
- c Einschalten des Primärstroms. Zum Zeitpunkt c schaltet die Zündungsendstufe den Primärstrom ein.
- d Begrenzung des Primärstroms durch die Primärstrombegrenzung.

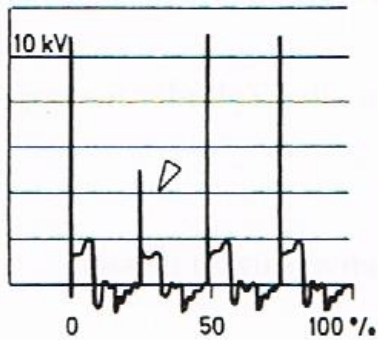


# Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Bildwahl



- a ein Zylinder
- b alle Zylinder
- c alle Zylinder übereinander
- d überlagert

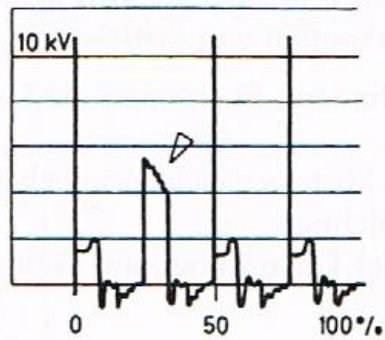
## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbild



Vorspannungslinie Zylinder 2  
niedrig

Mögliche Ursachen

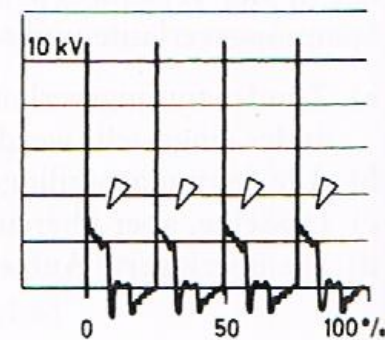
- Unterbrechung Zündkabel
- Elektrodenabstand Zündkerze
- Gemisch an Kerze gestört
- Niedrige Kompression
- Schadhafte Isolation



Vorspannungslinie Zylinder 2  
niedrig, Brennspannung fällt ab

Mögliche Ursachen

- Nebenschluß an Kerze
- Zündkerze beschädigt

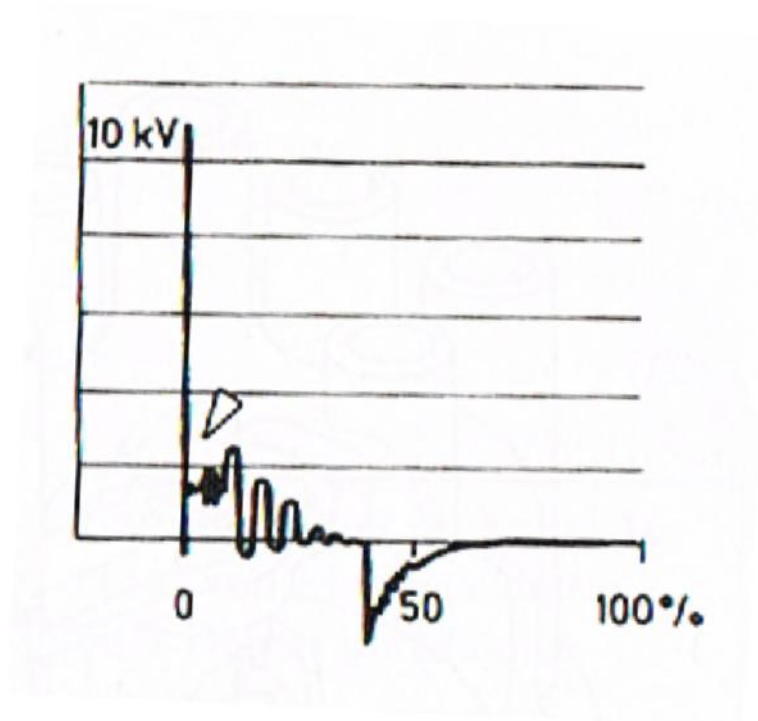


Hängende Brennspannungslinien

Mögliche Ursachen

- Schadhafter Entstörwiderstand
- Schadhafte Entstörstecker

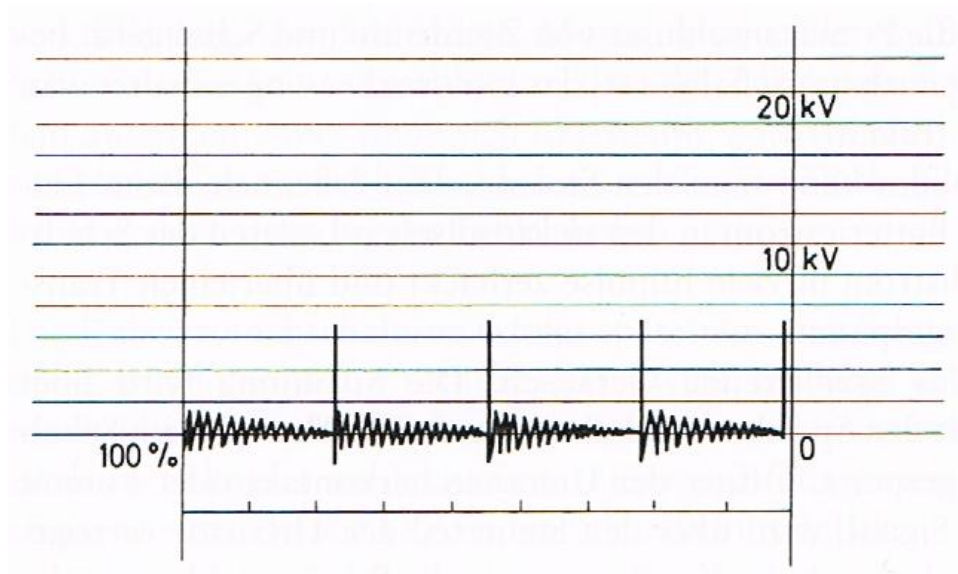
## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbild



„Dicke“ Brennspannungslinie

Verrußte Zündkerzen

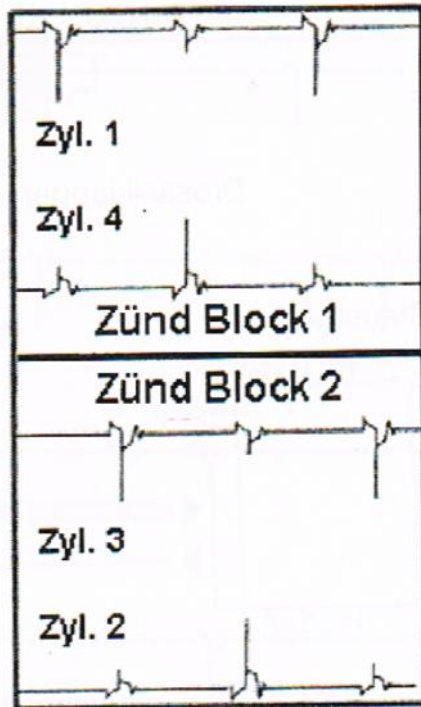
## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen,



Sekundäroszillogramm

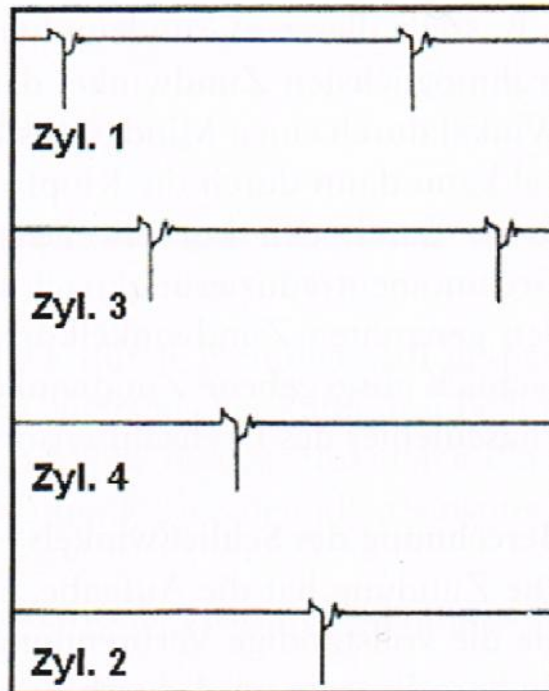
HKZ-Zündanlage

## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen,



Nicht invertiertes Oszillogramm  
Doppelfunkenspule, in Zündreihenfolge

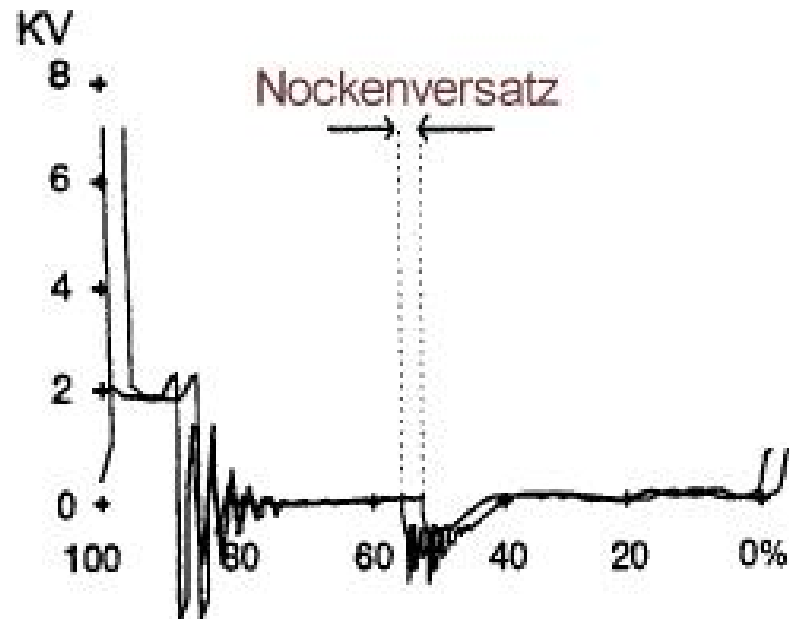
## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen,



Sekundärbild Einzelfunkenspule, in  
Zündreihenfolge

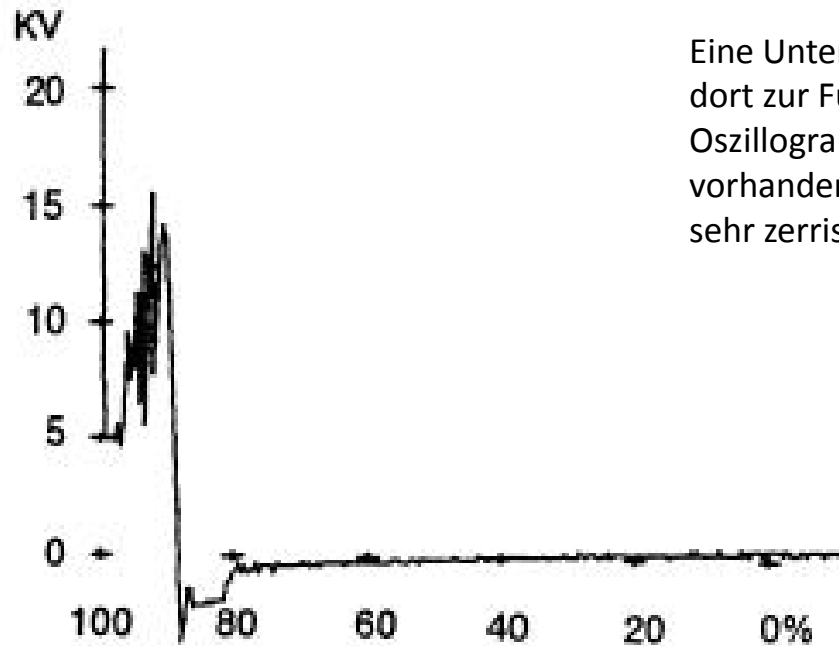


## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder



Bei ausgeschlagenen Verteilerwellen liegen die Zündspannungsnadeln nicht übereinander, sondern einige Grad versetzt. Beträgt der Versatz mehr als  $3^\circ$ , muß der Verteiler gewechselt werden.

## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder



Eine Unterbrechung im Hochspannungskreis bewirkt, dass es dort zur Funkenbildung kommt. Die Zündnadel im Sekundär-Oszillogramm ist dann sehr sprunghaft (fast gar nicht vorhanden oder sehr hoch) und die Brennspannungslinie ist sehr zerrissen.

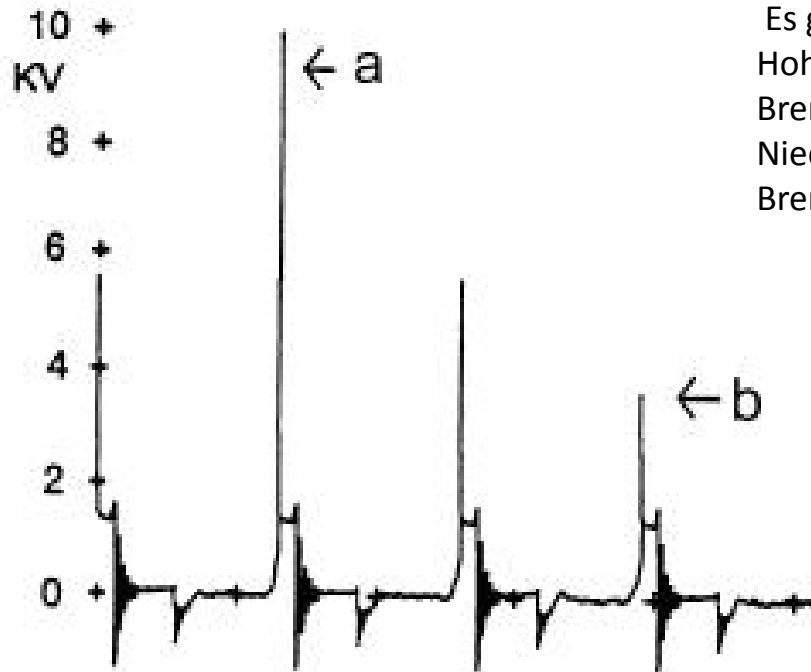
## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder

Weist ein Zylinder eine zu geringe Kompression auf, so ist dies daran zu erkennen, dass die Zündnadel dieses Zylinders wesentlich kleiner ist, als die der anderen Zylinder (b). Das Diagramm sieht ansonsten aus wie ein normales Oszilloskopbild.

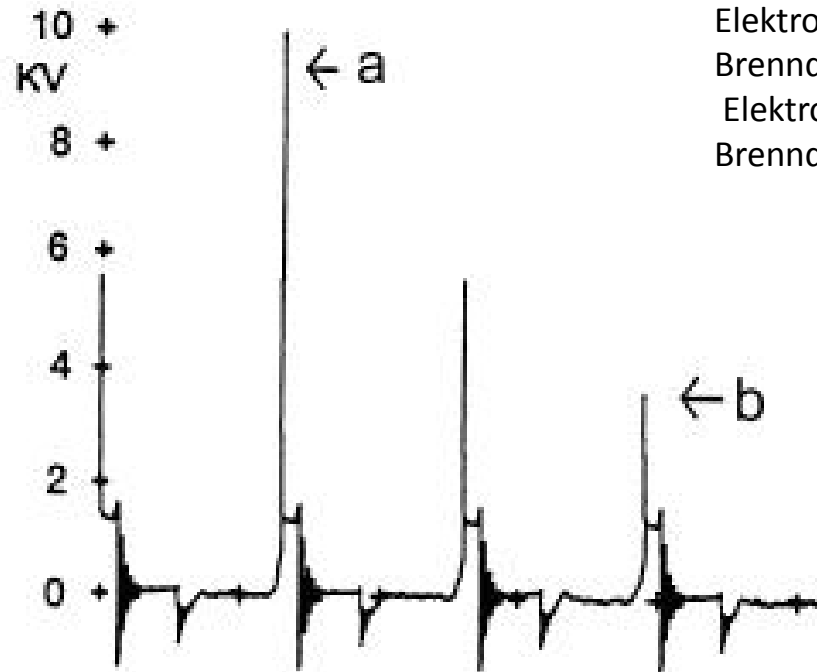
Es gilt folgende Faustregel:

Hohe Kompression --> Hohe Zündspannung / kurze Brenndauer

Niedrige Kompression --> Niedrige Zündspannung / lange Brenndauer



## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder



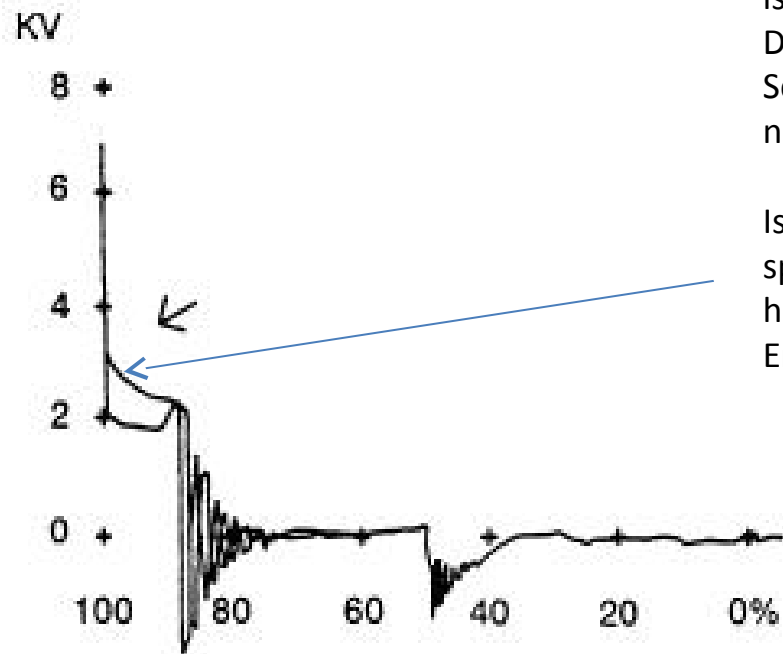
Ungewöhnlich hohe Zündspannungen weisen auf einen zu hohen Elektrodenabstand der Zündkerze hin (a).

Für die Zündkerzendiagnose gilt:

Elektrodenabstand groß --> hohe Zündspannung / kurze Brenndauer

Elektrodenabstand klein --> niedrige Zündspannung / lange Brenndauer

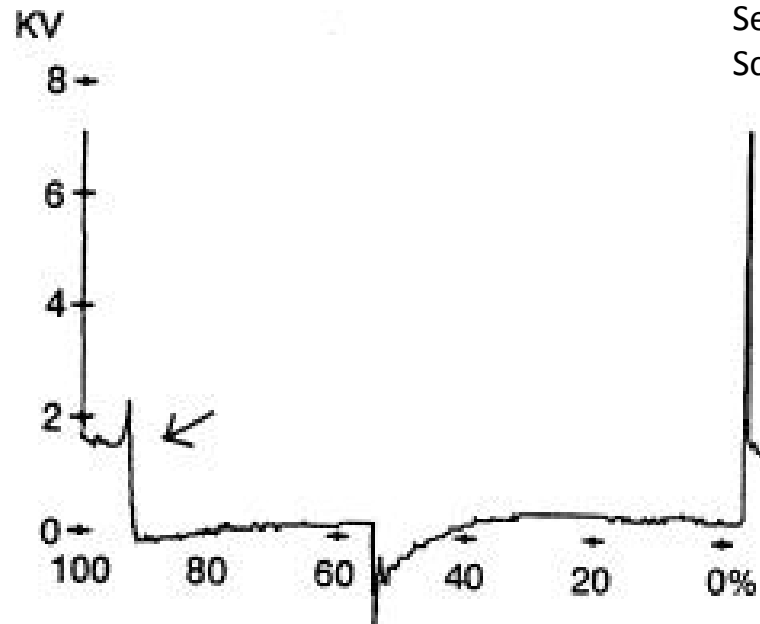
## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder



Verschmutzte Zündkerzen erkennt man an einer schräg liegenden und springenden Brennspannungslinie. (Im Bild ist das Oszillogramm einer Spulenzündanlage dargestellt. Dies erkennt man an dem stark ausgeprägtem Schwingungsabschnitt nach der Brennspannungslinie und nach dem Schliessen des Unterbrecherkontaktes)

Ist die schräg liegende Brennspannungslinie ruhig und springt nicht, so hat der Sekundärspannungskreis einen zu hohen Widerstand/Übergangswiderstand (defekter Entstörwiderstand, Zündkabel).

## Wartung und Fehlersuche Oszilloskopische Messungen, Fehlerbilder



Defekte Zündspulen (Windungsschluß der Primär- oder Sekundärwicklung) erkennt man an den stark gedämpften Schwingungsvorgängen am Ende der Brennspannungslinie.