

## 54

## Konventionelle Batteriezündanlage

Die konventionelle Batteriezündanlage wird auch als konventionelle **Spulenzündung (SZ)** bezeichnet.

Die **Aufgaben** der Zündanlage sind:

- die Zündspannung zu liefern, die erforderlich ist, damit in allen Betriebszuständen des Motors der Zündfunke entstehen kann,
- die Zündspannung im richtigen Moment (Zündzeitpunkt) der Zündkerze zuzuführen und
- bei Mehrzylindermotoren die Zündspannung entsprechend der Zündfolge des Motors an die Zündkerzen zu leiten.

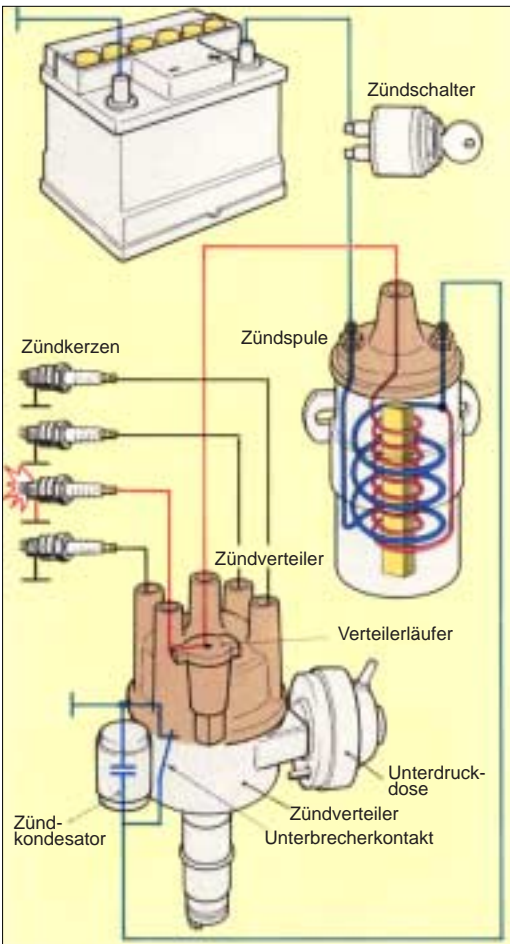


Abb.1: Aufbau (Bauteile) der konventionellen Batteriezündanlage

## 54.1 Aufbau und Wirkungsweise der Zündanlage

Den **Aufbau** der konventionellen Batteriezündanlage zeigen Abb. 1 und Abb. 2.

### Wirkungsweise

Bei geschlossenem Zündschalter und Unterbrecherkontakt fließt ein Strom (Primärstrom) durch die Primärwicklung der Zündspule (Abb.2). In der Primärwicklung wird ein Magnetfeld aufgebaut (s. Kap. 51.1.2).

Im **Zündzeitpunkt** wird der Unterbrecherkontakt geöffnet, was zu einer Unterbrechung des Primärstroms führt. Dadurch wird das Magnetfeld abgebaut und in der Sekundärwicklung der Zündspule nach dem Transformatorprinzip die **Zündspannung** erzeugt (s. Kap. 51.2.2).

In der konventionellen Batteriezündanlage erfolgt die Unterbrechung des Primärstromes im Zündzeitpunkt durch den **Unterbrecherkontakt**.

Die Stromkreise für den **Primär-** und den **Sekundärstrom** sind in der Abb.2 in unterschiedlichen Farben eingezeichnet.

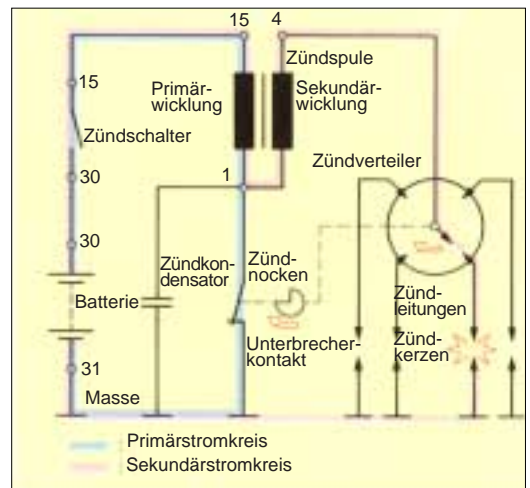


Abb.2: Schaltplan und Klemmenbezeichnung der konventionellen Batteriezündanlage

## 54.2 Bauteile der konventionellen Batteriezündanlage

### 54.2.1 Zündspule

Die **Zündspule** hat die **Aufgabe**, die für den Funkenüberschlag notwendige Zündspannung zu erzeugen.

Abb. 3 zeigt den **Aufbau** der Zündspule.

Auf dem aus Blechen zusammengesetzten (lamellierten) Eisenkern befindet sich die **Sekundärwicklung** und darüber die **Primärwicklung**. Die Sekundärwicklung hat etwa 15000 bis 30000 Windungen. Je nach Ausführung der Zündspule hat die Primärwicklung den 150sten bis 60sten Teil der Windungszahl der Sekundärwicklung.

Primär- und Sekundärwicklung haben einen gemeinsamen Wicklungsanschluß, der die Klemme 1 der Zündspule bildet.

Nach den **Anforderungen**, die an eine Zündspule gestellt werden, gibt es:

- Standardzündspulen und
- Hochleistungzündspulen.

**Hochleistungzündspulen** können eine höhere Zündspannung und/oder mehr Zündfunken pro Zeiteinheit erzeugen als Standardzündspulen. Sie werden wegen der höheren thermischen Belastung meist mit einem oder zwei Vorwiderständen von etwa 1 bis 2 Ohm betrieben. Statt der Vorwiderstände werden von einigen Herstellern auch sogenannte Vorwiderstandsleitungen verwendet.

**Vorwiderstände** können durch den Zündschalter über ein Relais oder durch einen Schalter im Starter (Klemme 15a) während des Startens des Motors überbrückt werden. Dadurch wird das Absinken der Batteriespannung aufgrund des hohen Starterstromes (bis etwa 200 A bei Pkw) und damit die Verminderung der Betriebsspannung der Zündspule ausgeglichen. Dieser Vorgang wird als **»Startspannungsanhebung«** oder auch als **»Startanhebung«** bezeichnet.

### 54.2.2 Zündverteiler

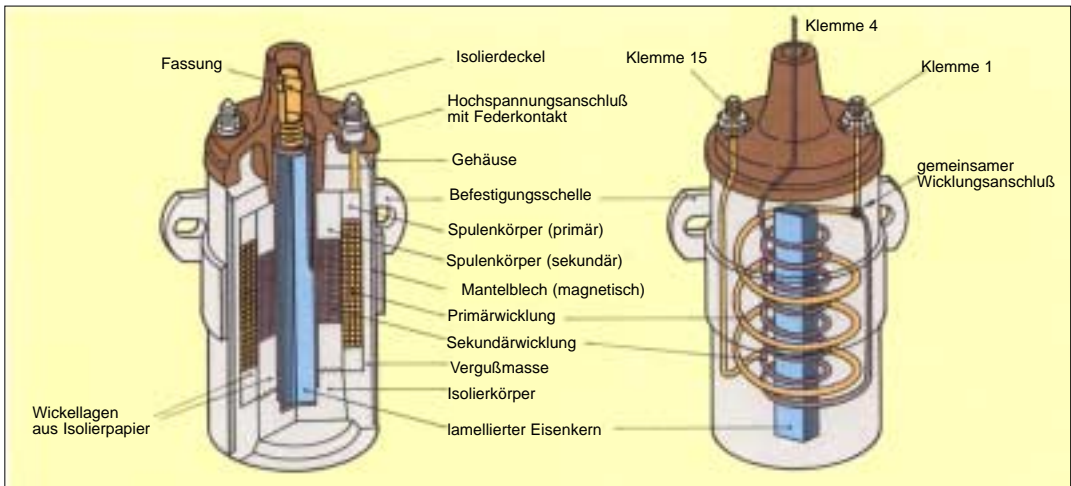
Mehrzylindermotoren benötigen einen Zündverteiler, da sie meistens nur mit einer Zündspule ausgerüstet sind.

Der **Zündverteiler** hat die **Aufgabe**, die Zündspannung entsprechend der Zündfolge des Motors an die Zündkerzen zu leiten.

Die **Zündfolge** eines Motors ist konstruktiv bedingt und darf (durch Umstecken der Zündleitungen) nicht verändert werden (s. Kap 27.3.2).

Den **Aufbau** des Zündverteilers zeigt Abb. 1 S. 538. Der Verteilerläufer, der Zündunterbrecher und der Zündversteller sind im Verteiler zu einer Baueinheit zusammengefaßt. Innen oder außen am Verteilergehäuse ist der Zündkondensator angebracht.

In der **Verteilerkappe** befinden sich die Fassungen für die Zündleitungen. Die mittlere Fassung nimmt die Leitung von der Zündspule (Klemme 4) auf. Die



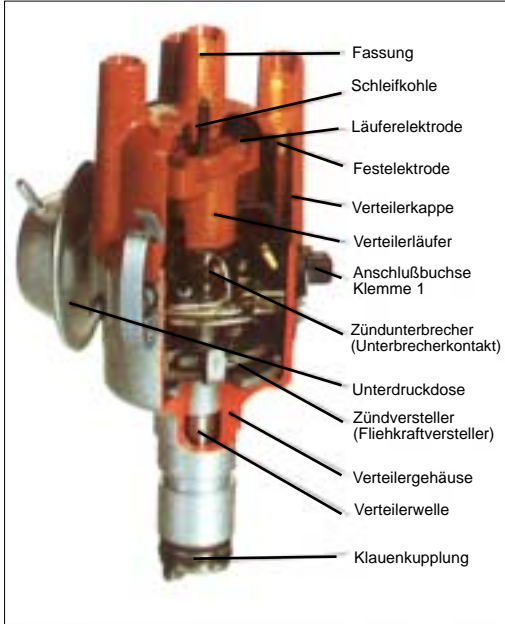


Abb.1: Aufbau des Zündverteilers

Zündspannung wird über eine gefederte Schleifkohle dem **Verteilerläufer** zugeleitet und über die Läuferelektrode auf die Festelektroden übertragen (Abb. 1). Von diesen gelangt die Zündspannung über die Zündleitungen zu den Zündkerzen (Abb. 1, S. 536). Die **Verteilerwelle** wird über eine Klauenkupplung oder ein Antriebsritzel von der Kurbel- oder von der Nockenwelle angetrieben. Die Übersetzung zwischen der Kurbelwelle und der Verteilerwelle richtet sich nach dem Arbeitsverfahren des Motors. Das **Übersetzungsverhältnis** beträgt:

- im Zweitaktmotor 1 : 1
- im Viertaktmotor 2 : 1.

54.2.3 Zündunterbrecher

Der **Zündunterbrecher** hat die **Aufgabe**, den Primärstrom einzuschalten und im richtigen Zeitpunkt zu unterbrechen. Der Zeitpunkt der Primärstromunterbrechung ist gleichzeitig der **Zündzeitpunkt**.

Den **Aufbau** des Zündunterbrechers zeigt Abb. 2. Der **Unterbrecherkontakt** wird vom **Zündnocken** geöffnet und geschlossen. Dadurch wird der Primärstrom aus- und eingeschaltet. Die Anzahl der Zündnocken entspricht der Zylinderzahl des Motors.

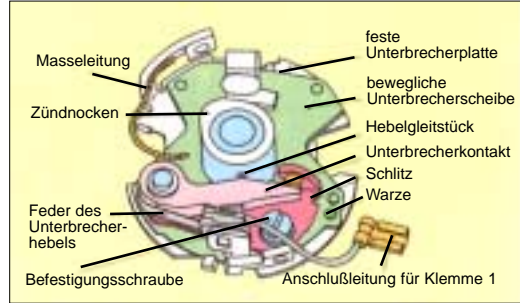


Abb.2: Aufbau des Zündunterbrechers

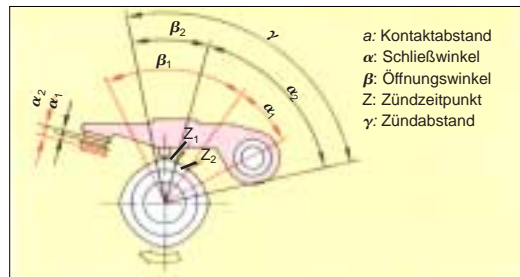


Abb.3: Kontaktabstand und Schließwinkel

Der **Zündabstand**  $\gamma$  wird in der Kfz-Elektrik in Winkelgraden einer Verteilerwellenumdrehung angegeben. Er ergibt sich aus dem Verhältnis von  $36^\circ$  zur Zylinderzahl des Motors und beträgt z.B. im Vierzylindermotor  $360^\circ : 4 = 90^\circ$ . Der Zündabstand setzt sich aus dem **Schließ-** und dem **Öffnungswinkel** des Unterbrecherkontakts zusammen (Abb.3).

Der **Schließwinkel** des Unterbrecherkontakts ist der Drehwinkel der Verteilerwelle, während der Unterbrecherkontakt geschlossen ist.

Die Größe des Schließwinkels wird durch den **Kontaktabstand** bestimmt (Abb. 3).

Der **Schließwinkel** ist um so größer je kleiner der **Kontaktabstand** ist und umgekehrt.

Der **Schließwinkel** wird auch in **Prozent** des Zündabstands angegeben. Für die Umrechnung von Grad in Prozent und umgekehrt gibt es Schließwinkeltabellen.

Die Größe des Schließwinkels beeinflusst die **Zündspannungshöhe**, aber auch den **Verschleiß** am Unterbrecherkontakt in Abhängigkeit von der Drehzahl des Motors.

Bei großem Schließwinkel (kleiner Kontaktabstand) ist die Zündspannung hoch, aber der Kontaktverschleiß sehr groß und umgekehrt. Der einzustellende Schließwinkel ist deshalb ein Kompromiß im Hinblick auf möglichst hohe Zündspannung und geringen Kontaktverschleiß.

Die **Größe des Schließwinkels** ist auch abhängig von der Zylinderzahl des Motors und beträgt im:

- Vierzylindermotor etwa 50°,
- Sechszylindermotor etwa 38° und
- Achtzylindermotor etwa 33°.

Der **Unterbrecherkontakt** wird mechanisch und elektrisch stark beansprucht. Er schaltet bis zu 5 Ampere Primärstromstärke und 500 Volt Selbstinduktionsspannung der Zündspule (s. Kap. 51.2.3). Durch den Unterbrecherfunken (Kontaktfeuer) entsteht ein **Kontaktverschleiß**. Kontaktwerkstoff (meist Wolfram) verdampft oder wandert von einem Kontaktpunkt zum anderen (Abb.4). Dadurch bildet sich an der einen Kontaktfläche ein Krater und an der anderen ein Höcker. Auch das Gleitstück verschleißt. Da der Verschleiß des Gleitstücks größer ist als der Kontaktabbrand, verringert sich der Kontaktabstand.

Durch den größeren **Verschleiß am Gleitstück** wird der Schließwinkel größer. Dadurch wird der Zündzeitpunkt in Richtung »spät« verstellt.

In der Abb. 3 ist die **Verstellung des Zündzeitpunkts** in Abhängigkeit vom Schließwinkel dargestellt. Daraus folgt für die Reihenfolge der Einstellung:

Erst ist der **Schließwinkel** bzw. der **Kontaktabstand** einzustellen und dann der **Zündzeitpunkt**. Anderenfalls wird der Zündzeitpunkt verändert.

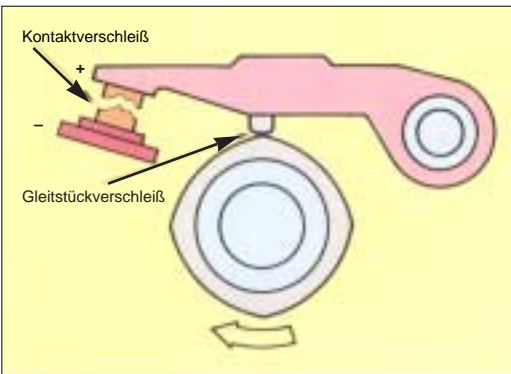


Abb.4: Verschleiß am Unterbrecherkontakt

### 54.2.4 Zündkondensator

Der **Zündkondensator** hat die **Aufgabe**, die schnelle Unterbrechung des Primärstromes zu unterstützen und das Kontaktfeuer am Unterbrecherkontakt weitgehend zu verhindern.

In der Zündanlage nimmt der **Kondensator** (s.Kap. 51.3.3) für einen kurzen Zeitraum während des Öffnens des Unterbrecherkontaktes den Primärstrom auf (s. Kap. 51.2.3). In dieser Zeit werden die Kontaktflächen vom Zündnocken auseinander gedrückt. Die erzeugte (induzierte) Selbstinduktionsspannung reicht zur Entstehung eines Funkens nicht aus oder es entsteht nur ein schwacher Funke.

Ist der **Kondensator geladen**, wird das Magnetfeld der Primärspule abgebaut. In der Sekundärwicklung der Zündspule wird die erforderliche **Zündspannung** von 5 bis über 25 kV erzeugt.

**Defekte Zündkondensatoren** bewirken eine Zunahme des Kontaktfeuers und damit einen erhöhten Verschleiß des Unterbrecherkontakts. Die Zündspannung sinkt stark ab.

### 54.2.5 Zündversteller

Der **Zündversteller** hat die **Aufgabe**, den Zündzeitpunkt zu verstellen.

Die **Verstellung** des Zündzeitpunkts ist erforderlich, damit der Motor in jedem Betriebszustand die größte Leistung, den geringsten Kraftstoffverbrauch und einen geringen Schadstoffanteil im Abgas hat.

Da der **Betriebszustand** des Motors, gerade im Stadtverkehr, dauernd geändert wird, muß auch der Zündzeitpunkt ständig verstellt werden.

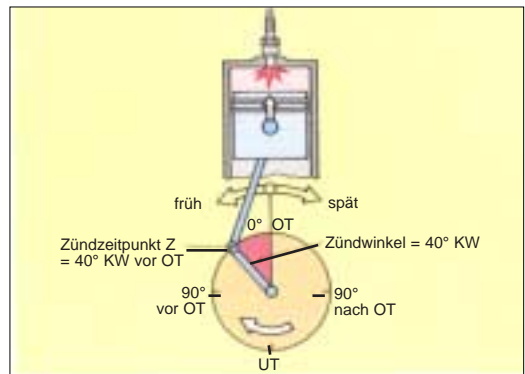


Abb.5: Zündwinkel

Der **Zündzeitpunkt** (Z) wird in Kurbelwellenwinkelgraden ( $^{\circ}$ KW) im Abstand zum oberen Totpunkt (OT) angegeben (Abb. 5, S.539).

Der Winkel zwischen Zündzeitpunkt und oberem Totpunkt wird als **Zündwinkel** bezeichnet. Liegt der Zündzeitpunkt vor OT, so wird von **Frühzündung**, liegt er nach OT, so wird von **Spätzündung** gesprochen (Abb. 5, S.539).

Maßgebend für die Verstellung des Zündzeitpunkts ist die Bedingung, daß der höchste Verbrennungsdruck immer dann erreicht werden soll, wenn der Kolben sich kurz nach OT befindet (Abb.1a).

Die Zeit für die Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches bei **Vollast** des Motors bleibt über den gesamten Drehzahlbereich etwa gleich (2 Millisekunden). Der Kolben legt in dieser Zeit mit steigender Drehzahl des Motors (höhere Kolbengeschwindigkeit) einen immer längeren Weg zurück. Ohne gleichzeitige Zündzeitpunktverstellung in Richtung »früh« würde der mögliche höchste Verbrennungsdruck erst erreicht werden, wenn der Kolben zu weit vom OT entfernt ist (Abb. 1c).

Im **Teillastbereich** wird die Zusammensetzung des Gemisches geändert. Es verbrennt langsamer. Deshalb muß im Teillastbereich der Zündzeitpunkt zusätzlich in Richtung »früh« verstellt werden.

Die **Zündzeitpunktverstellung** erfolgt in Abhängigkeit von den Betriebszuständen **Vollast** und **Teillast** des Motors.

Eine zu große Zündzeitpunktverstellung in Richtung »früh« kann eine **klopfende** Verbrennung bewirken (Abb.1b). Der höchste Verbrennungsdruck wird dann vor OT erreicht. Dies führt zu Schäden am Motor.

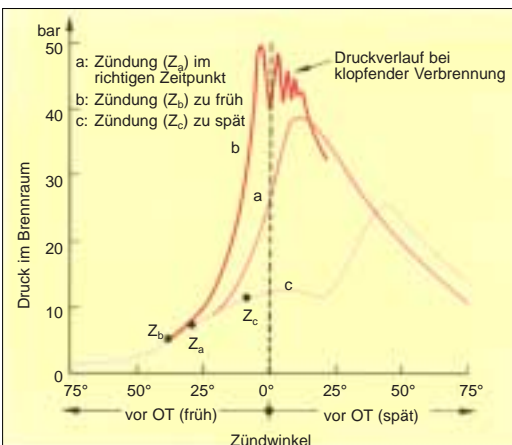


Abb.1: Druckverlauf im Zylinder bei verschiedenen Zündzeitpunkten

Das drehzahl- und lastabhängige Verstellen des Zündzeitpunkts wird von **selbsttätigen Zündverstellern** übernommen. Meistens sind das ein **Fliehkraft-** und ein **Unterdruckversteller**. Einige Fahrzeuge sind aber aus Kostengründen nur mit einem Fliehkraft- oder Unterdruckversteller ausgerüstet.

**Fliehkraftversteller**

Der **Fliehkraftversteller** verstellt den Zündzeitpunkt in Abhängigkeit von der **Drehzahl** des Motors.

**Aufbau** und **Wirkungsweise** des Fliehkraftverstellers zeigt Abb. 2.

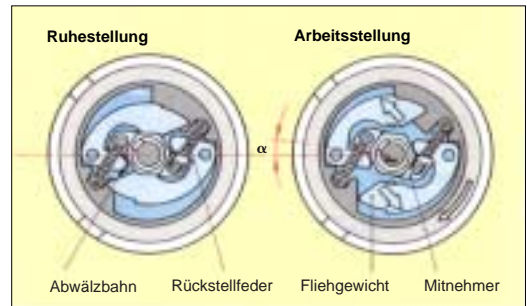


Abb.2: Aufbau- und Wirkungsweise des Fliehkraftverstellers

Der Zündnocken ist beweglich auf der Verteilerwelle angeordnet. Mit steigender Drehzahl bewegen sich die Fliehkgewichte aufgrund der Fliehkraft nach außen und verstellen den Nocken gegen die Kraft der Rückstellfedern in Drehrichtung der Verteilerwelle. Dadurch wird der Unterbrecherkontakt früher geöffnet. Die Zündung erfolgt früher. Anschläge sorgen dafür, daß die Verstellung nur bis zu einem bestimmten Zündverstellwinkel erfolgt. Die Rückstellfedern sind so eingestellt, daß die Verdrehung erst bei einer bestimmten Drehzahl beginnt.

Der **Fliehkraftversteller** verstellt den Zündzeitpunkt durch Verdrehen des Nockens in **Drehrichtung** der Verteilerwelle.

**Unterdruckversteller**

Der **Unterdruckversteller** verstellt den Zündzeitpunkt in Abhängigkeit von der **Belastung** des Motors.

Abb. 3 zeigt den **Aufbau** des Unterdruckverstellers.

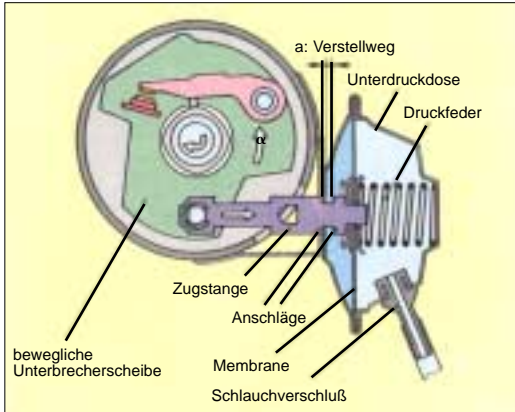


Abb.3: Aufbau des Unterdruckverstellers

Der Unterbrecherkontakt ist auf der beweglichen Unterbrecherscheibe befestigt. Der Schlauchanschluß der Unterdruckdose ist mit dem Ansaugrohr **oberhalb** der **Drosselklappe** verbunden. Die Stellung der Membrane und damit der Unterbrecherscheibe richtet sich nach dem Druckunterschied zwischen dem Druck im Ansaugrohr (Unterdruck) und dem Atmosphärendruck. Der Verstellbeginn ist durch die Vorspannung der Druckfeder festgelegt. Anschläge an der Zugstange begrenzen den Verstellbereich.

Der **Unterdruckversteller** verstellt den Zündzeitpunkt durch Verdrehen der Unterbrecherscheibe und damit des Unterbrecherkontaktes **gegen die Drehrichtung** der Verteilerwelle.

Eine Unterdruckverstellung wird auch zur Verbesserung der **Abgaswerte** herangezogen. Die Abgaswerte können durch ein Verstellen des Zündzeitpunkts im Leerlauf und im Schiebebetrieb in Richtung »spät« verbessert werden. Der Unterdruckdose für die Verstellung in Richtung »früh« (Frühdose) wird eine »Spätdose« hinzugefügt (Abb. 4). Diese verstellt die Unterbrecherscheibe in **Drehrichtung** der Verteilerwelle. Der Unterdruckanschluß für die Spätdose ist **unterhalb** der **Drosselklappe**, weil dort im Leerlauf und im Schiebebetrieb hoher Unterdruck herrscht.

Der **Unterdruckversteller** arbeitet unabhängig vom Fliehkraftversteller. Die Unterdruckverstellung erfolgt **zusätzlich** zur Fliehkraftverstellung.

### 54.2.6 Zündkerze

Die **Zündkerze** hat die **Aufgabe**, die von der Zündspule erzeugte Zündspannung in den Zylinder zu leiten. Die Zündspannung erzeugt zwischen den Elektroden der Zündkerze den **Zündfunken**.

Den **Aufbau** der Zündkerze zeigt Abb. 5. Die Kriechstrombarriere hat die Aufgabe, bei Verschmutzung oder feuchtem Isolator die Entstehung von Kriechströmen zu verhindern. Kriechströme mindern die Zündspannung und führen zu Fehlzündungen. Die elektrisch leitende **Glasschmelze** hat die Aufgabe, die Mittelelektrode mit dem Anschloßbolzen **gasdicht** zu verbinden.

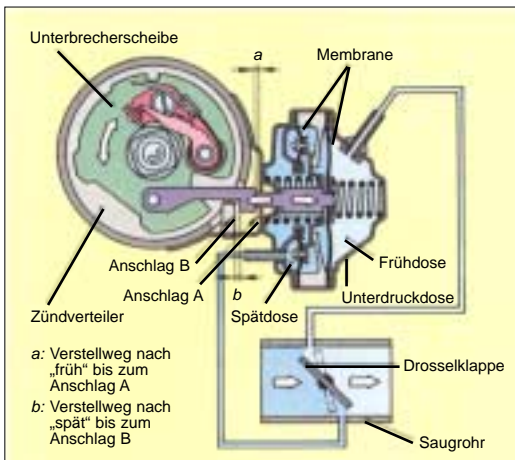


Abb.4: Unterdruckversteller für Früh- und Spätzündung

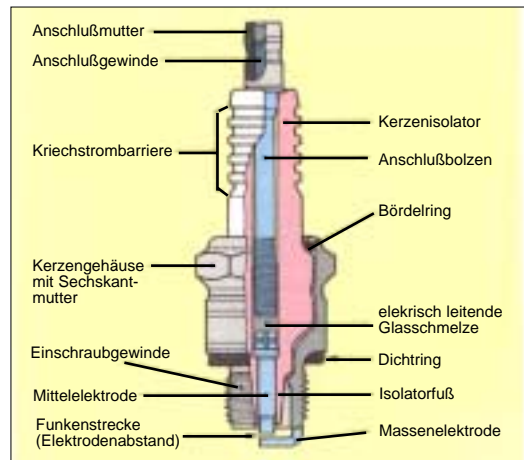


Abb.5: Aufbau der Zündkerze

Das Gehäuse und der Anschlußbolzen bestehen aus Stahl, der Isolator aus einer Spezialkeramik.

Die **Masseelektrode** ist am Gehäuse angeschweißt und ist aus einer Nickel-Chrom-Legierung gefertigt. Die **Mittlelektrode** besteht, je nach verwendetem Kerzentyp, aus einer Nickel-Chrom-Legierung mit oder ohne Kupferkern sowie zum Teil aus Silber oder Platin.

Wichtig für die einwandfreie Wirkungsweise der Zündkerze sind der **Elektrodenabstand** und der **Wärmewert** der Zündkerze. Ein großer Elektrodenabstand ergibt zwar einen langen und kräftigen Zündfunken, erfordert aber eine hohe Zündspannung. Um bei Verschmutzung oder Abnutzung der Elektroden zur Vermeidung von Zündaussetzern eine gewisse **Zündspannungsreserve** zu haben (s. Kap. 54.3), wird deshalb der Elektrodenabstand möglichst klein gehalten (etwa 0,7 mm).

Der **Wärmewert** einer Zündkerze ist ein Maß für ihre **thermische** Belastbarkeit.

Damit die Zündkerze sicher arbeitet, soll die Temperatur des Isolatorfußes zwischen der **Selbstreinigungstemperatur** (ca. 400°C) und der **Glühzündungstemperatur** (über 900 °C, Abb.1) liegen. Liegt die Temperatur unter der Selbstreinigungstemperatur, so kann sich die Zündkerze nicht selbst von den Verschmutzungen durch Wegbrennen reinigen. Dadurch kommt es zu Nebenschlüssen an der Zündkerze, die **Zündaussetzer** (Zündfunken entsteht nicht) zur Folge haben. Liegt die Temperatur über der Glühzündungstemperatur, besteht die Gefahr der **Glühzündung**. Die Wirkung der Glühzündung ist eine klopfende Verbrennung (s. Kap54.2.5). Der Wärmewert einer Zündkerze wird durch eine **Wärmewert-Kennzahl** angegeben.

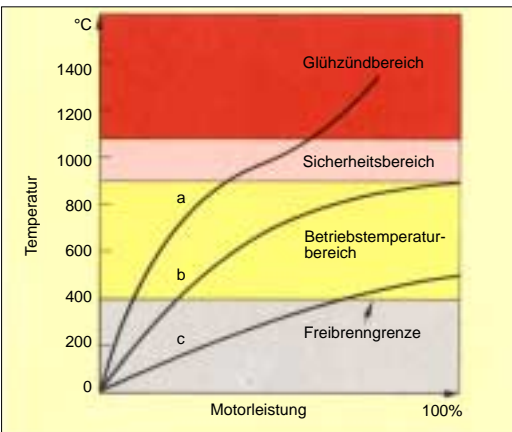


Abb. 1: Temperaturverhalten der Zündkerzen aus der Abb.2 im selben Motor

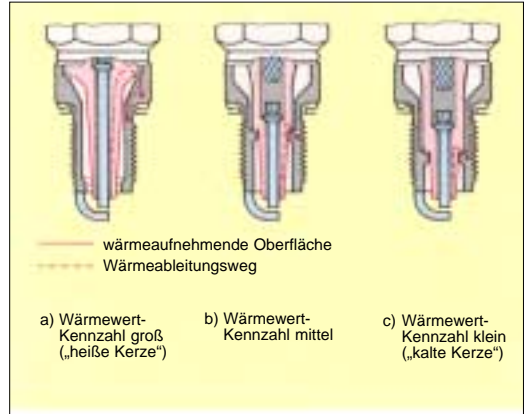


Abb.2: Bauformen von Zündkerzen mit verschiedenen Wärmewert-Kennzahlen

Je größer die **Wärmewert-Kennzahl** einer Zündkerze ist, desto schneller erreicht sie ihre **Betriebstemperatur** und um so weniger **Wärmemenge** wird von ihr je Zeiteinheit abgeleitet.

Die Wärmewert-Kennzahl einer Zündkerze ist um so höher, je größer die Isolatorfußfläche und damit der Wärmeableitungsweg ist (Abb.2). Nur für einen bestimmten Motor hat die Zündkerze b die richtige Wärmewert-Kennzahl (Abb.1).

Je höher die **Wärmewert-Kennzahl** einer Zündkerze, desto wärmer wird diese im Vergleich zu Zündkerzen mit niedrigerer Kennzahl im selben Motor.

In der Tab. 1 sind die häufigsten Wärmewert-Kennzahlen aufgeführt.

**Mehrbereichs-Zündkerzen** decken bis zu zwei Wärmewert-Kennzahl-Bereiche ab. Durch diese Zündkerzen wird ein sicheres Betriebsverhalten sowohl im Teillastbereich (Stadtverkehr) als auch im Vollastbereich (Fernverkehr) gewährleistet.

Die **Zündkerzen-Bauarten** sind in ISO-Normen genormt (Gewindeabmessungen, Schlüsselweiten, Dichtsitz und Anziehdrehmomente), jedoch hat jeder Zündkerzenhersteller seine eigenen **Typenbezeichnungen**.

Vom »**Zündkerzengesicht**« (Abb. 3) kann auf das einwandfreie oder fehlerhafte Arbeiten der Zündkerze geschlossen werden. Darüber hinaus können Aussagen über die Gemischzusammensetzung und den Zustand des Motors (Ventile, Zylinder, Kolben und Kolbenringe) getroffen werden.



Abb.3: Zündkerzengesichter

Tab.1: Wärmewert-Kennzahlen

Wärmewert-Kennzahlen	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Merkmal	kälter		← Kerze →				wärmer		

Bei **richtigem Wärmewert** der Zündkerze und fehlerfreiem Motor hat der Isolatorfuß ein graugelbes bis rehbraunes Aussehen (Abb. 3a).

Bei einem zu **niedrigen Wärmewert** der Kerze, zu großem Elektrodenabstand oder zu fettem Gemisch bildet sich ein samtartiger, stumpfschwarzer Rußbelag (Abb.3b).

Ein Belag von feuchter Ölkohle und Ruß weist auf zuviel Öl im Verbrennungsraum hin (Abb.3c). Die Ursache dafür kann Zylinder- oder Kolbenringverschleiß sein.

Angeschmolzene Elektroden, Schmelzperlen auf dem Isolatorfuß oder grauer Belag (Abb. 3d) deuten auf einen zu **hohen Wärmewert**, ein zu mageres Gemisch oder schlecht schließende Ventile hin.

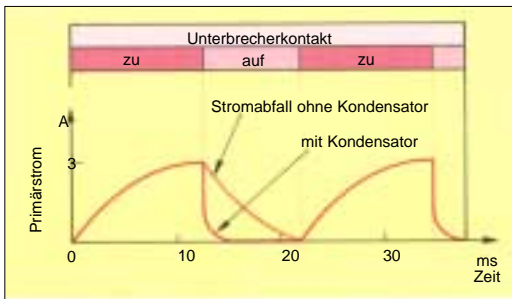


Abb.4: Verlauf des Primärstroms

### 54.3 Spannungs- und Stromverlauf in der Zündanlage (Zündoszillogramm)

**Schließt der Unterbrecherkontakt**, so erreicht der Primärstrom aufgrund der Selbstinduktionsspannung in der Primärwicklung (s. Kap. 51.2.3) nur mit zeitlicher Verzögerung seinen Endwert von etwa 3 bis 5 Ampere (Abb.4).

**Öffnet der Unterbrecherkontakt**, so wird der Primärstrom durch die Wirkung der dann entstehenden Selbstinduktionsspannung nicht sofort unterbrochen. Ohne Zündkondensator entsteht ein Öffnungsfunke (Kontaktfeuer). Mit dem Zündkondensator wird der Primärstrom schneller unterbrochen und das Kontaktfeuer vermieden (Abb. 4).

Mit Hilfe des **Zündoszilloskops** kann der **primäre** und **sekundäre** Spannungsverlauf sichtbar gemacht werden. Die Zündoszilloskopbilder werden als **Zündoszillogramme** bezeichnet.

In der Abb. 1, S. 544 sind die Oszillogramme von Primärstrom, Primär- und Sekundärspannung dargestellt, wenn **kein Funkenüberschlag** erfolgt. Das ist z.B. dann der Fall, wenn die Zündspannung für einen Funkenüberschlag nicht ausreicht, der Kerzenstecker abgezogen ist oder die Zündleitung von Klemme 4 keinen Kontakt hat.

Charakteristisch für alle drei Oszillogramme sind die Schwingungen, die nach dem **Öffnen** des Unterbrecherkontakts auftreten. Die Wicklungen der Zündspule bilden mit dem Kondensator und den restlichen Kapazitäten des Zündkreises einen **elektrischen Schwingkreis**, in dem die Zündenergie in Form von gedämpften Schwingungen von Strom und Spannung ausschwingt.

Die Schwingungen der **Sekundärspannung** während des **Einschaltens** entstehen dadurch, daß auch während des Aufbaus des Magnetfeldes der Primärwicklung eine Spannung in der Sekundärwicklung erzeugt wird (Transformatorprinzip). Die Spannung ist aber gering, weil sich die Stärke des Magnetfeldes aufgrund der Selbstinduktionsspannung nur langsam ändert.

Abb.2, S.544 zeigt den Strom- und Spannungsverlauf, wenn der Zündfunke zustande kommt (Normaloszillogramme).

Die erforderliche **Zündspannung** ist die Höhe der Sekundärspannung, die zur Entstehung des **Zündfunkens** (Zündfunkenüberschlag) nötig ist.



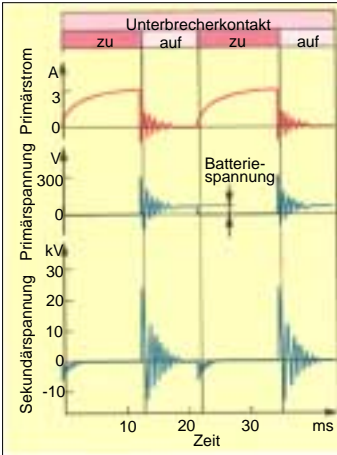


Abb.1: Verlauf von Strom und Spannung ohne Funkenüberschlag

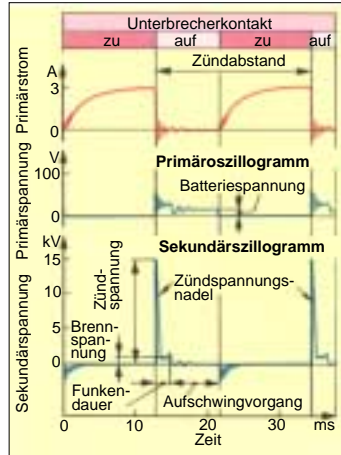


Abb.2: Verlauf von Strom und Spannung mit Funkenüberschlag

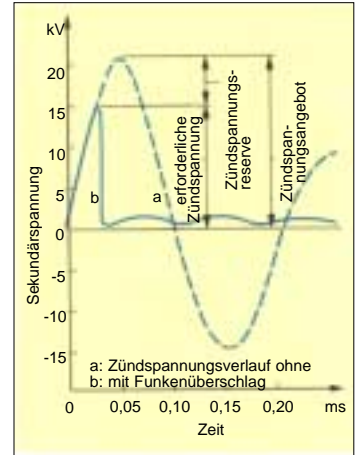


Abb.3: Verlauf der Sekundärspannung ohne (a) und mit (b) Zündfunken

Charakteristisch im Verlauf der Sekundärspannung ist die sogenannte **Zündspannungsnadel**. Die Zündspannungsnadel gibt die Höhe der Zündspannung an, z. B. 15 kV (Abb. 2 und 3). Nach der Entstehung des Zündfunken sinkt die Sekundärspannung auf die **Brennspannung** ab. Diese reicht aus, um den Zündfunken aufrechtzuerhalten.

Die **Funken-dauer** richtet sich nach der in der Zündspule gespeicherten Energiemenge. Sobald diese einen bestimmten Wert unterschreitet, reißt der Zündfunke ab. Die noch vorhandene Restenergie schwingt in Form gedämpfter Schwingungen aus (Ausschwingvorgang, Abb.2).

Die **Zündspannungsreserve** ist der Unterschied zwischen der maximalen Sekundärspannung (Zündspannungsangebot) und der momentan erforderlichen Zündspannung.

Die Höhe des Zündspannungsangebotes (Abb.3) ist abhängig von der **Primärstromstärke**. Bei ausreichender Schließzeit des Unterbrechers kann der Primärstrom seinen höchsten Wert erreichen (Abb.4a). Da die **Schließzeit** mit steigender Drehzahl abnimmt, erreicht der Primärstrom wegen seines verzögerten Anstiegs nicht mehr seinen höchsten Wert (Abb. 4b). Das hat zur Folge, daß die Sekundärspannung (Zündspannungsangebot) mit steigender Drehzahl abnimmt (Abb.5). Bei kleinen Drehzahlen wird die Zündspannung durch den verstärkt auftretenden Öffnungsfunken an den Unterbrecherkontakten verringert (Abb. 5a). Das macht sich besonders während des Startens des kalten Motors bemerkbar (Startschwierigkeiten).

Bei hohen Drehzahlen tritt das sogenannte **Kontakt-prellen** auf, das auch zu einer Verminderung des Zündspannungsangebotes führt (Abb.5b). Diese Nachteile der konventionellen Batteriezündanlage haben zur Entwicklung **elektronischer Zündanlagen** geführt (s. Kap. 55).

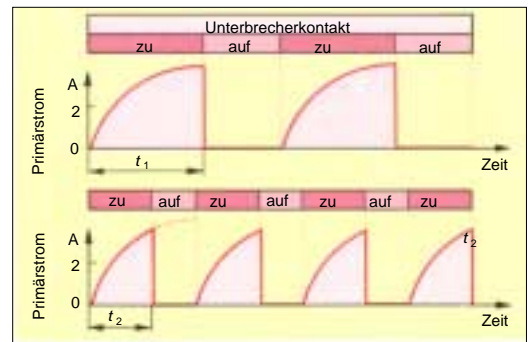


Abb.4: Einfluß der Schließzeit auf die Primärstromstärke

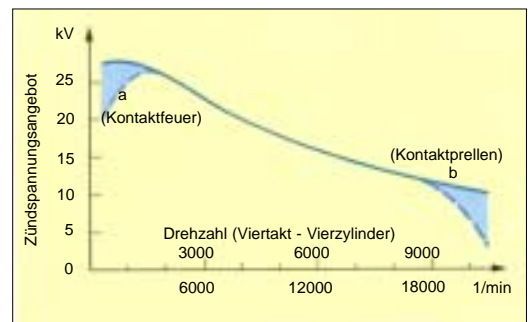


Abb.5: Zündspannungsangebot der konventionellen Batteriezündanlage

## 54.4 Wartung und Diagnose

Bei der **Wartung** der Zündanlage ist folgendes zu beachten:

- Verteilerkappe, Zündspulendeckel und die Zündleitungen sind auf Sauberkeit zu überprüfen.
- Verteilerkappe ist auch von innen zu säubern. Dabei den Verteilerläufer auf Zustand und Sauberkeit überprüfen.
- Zündverteilerwellen mit Schmierfilz sind mit einigen Tropfen Öl vom Ölmeßstab zu versorgen.
- Gleitstück und Nocken des Unterbrechers sind mit einem zähen Spezialfett zu schmieren.
- Verschmutzte, oxidierte und abgenutzte Kontakte sind zu erneuern.
- Schließwinkel bzw. Kontaktabstand und der Zündzeitpunkt sind in regelmäßigen Abständen (Herstellerangabe beachten!) zu überprüfen bzw. nach jedem Kontaktwechsel neu einzustellen.
- Sämtliche Anschlüsse und Leitungen sind auf einwandfreien Zustand zu überprüfen.
- Die Überprüfung der Kerzen erstreckt sich auf eine Sichtprüfung des Kerzenschloßes, des Elektrodenabbrandes und des Isolators auf Risse.
- Der Elektrodenabstand wird mit der Kerzenlehre gemessen und evtl. durch Nachbiegen der Masseelektrode auf das vorgeschriebene Maß gebracht.
- Zündkerzen sind möglichst von Hand einzuschrauben, um ein Verkanten des Gewindes zu vermeiden, und mit dem vorgeschriebenen Drehmoment festzuziehen.

### 54.4.1 Zündungseinstellung

Die Zündungseinstellung erfolgt mit:

- Schließwinkeltester,
- Zündlichtpistole und evtl. erforderlichem
- Drehzahlmesser.

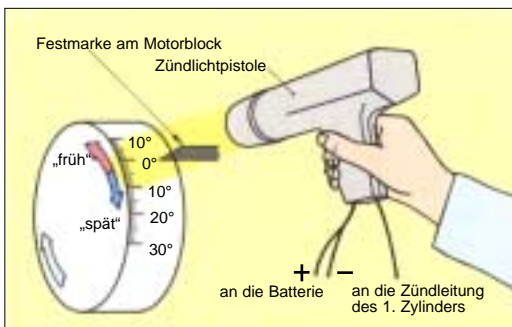


Abb.6: Zündzeitpunkteinstellung mit der Zündlichtpistole

### Arbeitshinweise

- Die **Schließwinklereinstellung** erfolgt bei Starterdrehzahl. Dazu ist der Schließwinkeltester nach Herstellerangabe (meist zwischen Klemme 1 und 15 oder Klemme 1 und Masse) anzuschließen.
- Die Verteilerkappe und der Verteilerläufer sind abzunehmen. Die Befestigungsschraube des Unterbrecherkontakts ist nur leicht zu lösen.
- Mit dem Schraubendreher, der zwischen den Warzen und in den Schlitz eingreift (Abb.2, S.538), wird der Unterbrecherkontakt so verstellt, bis der einzustellende Schließwinkel vom Schließwinkeltester angezeigt wird.
- Befestigungsschraube anziehen, Verteilerläufer und Verteilerkappe befestigen.
- Zündlichtpistole nach Abb. 6 anschließen.
- Soll die **Zündzeitpunkteinstellung** bei **Starterdrehzahl** erfolgen (Herstellerangabe!), müssen die Kerzenstecker der übrigen Zylinder abgezogen werden, um ein Anspringen des Motors zu verhindern.
- Der Unterdruckschlauch an der Unterdruckverstelldose ist meistens abzuziehen.
- Klemmschraube am Verteiler lösen. Motor starten und Riemen- bzw. Schwungscheibe mit Zündlichtpistole anblitzen. Durch Drehung des Verteilers wird die umlaufende Sichtmarke oder Gradzahl mit der Festmarke zur Deckung gebracht.
- Soll die **Zündzeitpunkteinstellung** bei einer bestimmten **Leerlauf- oder Betriebsdrehzahl** erfolgen, ist ein Drehzahlmesser anzuschließen.
- Der Unterdruckschlauch ist meistens (Herstellerangabe beachten!) abzuziehen.
- Die vorgeschriebene Drehzahl des Motors ist einzustellen. Die Zündzeitpunkteinstellung ist wie beschrieben vorzunehmen.
- Nach erfolgter Zündzeitpunkteinstellung ist die Klemmschraube festzuziehen. Unterdruckschlauch wieder aufstecken.

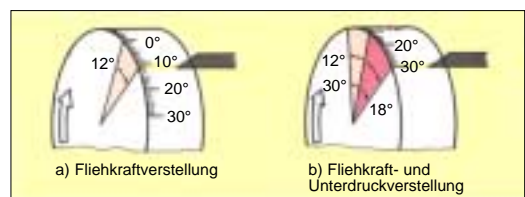


Abb.7: Zündwinkelprüfung

### 54.4.2 Prüfen der Fliehkraft- und Unterdruckverstellung

Die Fliehkraft- und Unterdruckverstellung kann mit Hilfe der **Zündlichtpistole** und des **Drehzahlmessers** überprüft werden.

#### Arbeitshinweise

- Die **Fliehkraftverstellung** wird überprüft, indem bei abgezogenem Unterdruckschlauch die Markierungen angeblitzt werden und die Drehzahl des Motors langsam erhöht wird.
- Erfolgt die Fliehkraftverstellung, so muß sich die Gradteilung oder die Festmarke auf der Schwung-bzw. Riemenscheibe entgegen der Drehrichtung des Motors bewegen.
- Bei einer bestimmten Drehzahl, z.B. 3000/min, wird der Zündstellwinkel abgelesen, z.B. 12° (Abb.7a, S.545).
- Die Prüfung der **Unterdruckverstellung** erfolgt bei angeschlossenem Unterdruckschlauch ebenfalls bei steigender Drehzahl des Motors.
- Erfolgt die Unterdruckverstellung, so muß die Verstellung der Skale bzw. Marke weiter gehen als bei der Fliehkraftverstellung, z.B. bei 3000/min 30° (Abb.7b,S.545).
- Da sich Fliehkraft- und Unterdruckverstellung addieren, ergibt sich z.B. für die Unterdruckverstellung ein Zündstellwinkel von 18° bei einer Drehzahl von 3000/min.

Hat die Riemenscheibe oder Schwungscheibe keine Gradscale, so muß für die Messung eine Zündlichtpistole mit **Verstellwinkel-Meßeinrichtung** verwendet werden (Abb. 1). Mit dieser kann das Anblitzen über ein Verdrehen eines Rädchens verzögert werden und zwar so weit, daß die Marke für die Nullverstellung mit der Festmarke zur Deckung gebracht wird. Auf der Skale der Verstellwinkelmeßeinrichtung kann dann der Verstellwinkel abgelesen werden.

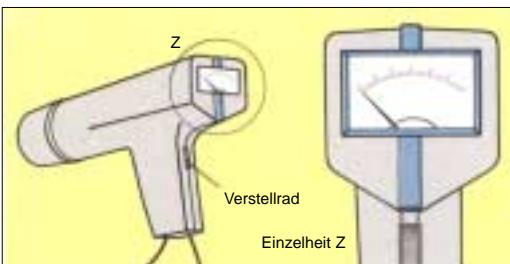


Abb.1: Zündlichtpistole mit Verstellwinkel-Meßeinrichtung

Bei genauerer Überprüfung der **Fliehkraftverstellung** wird der Zündstellwinkel bei verschiedenen Drehzahlen gemessen.

Die Überprüfung der **Unterdruckverstellung** erfolgt mit Hilfe eines **Unterdrucktesters** (Bedienungsanleitung beachten!). Mit diesem können Beginn und Ende der Unterdruckverstellung gemessen werden. Die gemessenen Werte aus beiden Messungen werden mit den Herstellerwerten verglichen.

### 54.4.3 Fehlerbestimmung mit dem Zündoszilloskop

Voraussetzung für die Fehlerbestimmung an der Zündanlage mit dem Zündoszilloskop ist die Kenntnis der Oszillogramme des Primär- und Sekundärkreises bei **einwandfreier Wirkungsweise** der Zündanlage (Normaloszillogramme, s. Abb.2 , S. 544)

Das Zündoszilloskop bietet vier Möglichkeiten der Oszillogrammeinstellung (Abb. 2).

Die Oszillogrammeinstellungen gelten für den Primär- und Sekundärkreis der Zündanlage. Die Primär- und Sekundärspannungsverläufe aller Zylinder können miteinander verglichen und evtl. Abweichungen festgestellt werden.

Bei der Oszillogrammeinstellung aller Zylinder hintereinander erfolgt die Darstellung der einzelnen Zylinder in der **Zündfolge** des Motors.

Bei der Oszillogrammeinstellung aller Zylinder übereinander steht der 1. Zylinder oben. Entsprechend der Zündfolge stehen die anderen darunter. Auf einer oder mehreren Skalen des Bildschirms kann der **Schließwinkel in Prozent** und/oder **in Grad** abgelesen werden.

In der Abb.3 sind einige fehlerhafte Oszillogramme dargestellt. In der Praxis können sich bei Vorliegen desselben Fehlers Abweichungen davon ergeben. Der charakteristische Verlauf des Oszillogramms bleibt jedoch erhalten. Die aus den abgebildeten Oszillogrammen zu entnehmenden Werte (z.B. für die Zündspannung) sind **keine Prüfwerte**, da jeder Fahrzeugtyp andere Werte aufweist (Herstellerangaben beachten!).

#### Arbeitshinweise

- Sind dieselben Abweichungen an den Oszillogrammen aller Zylinder zu sehen (Abb. 3a), so liegt der Fehler im Primär- oder Sekundärstromkreis bis zum Verteilerzugang (einschließlich Verteilerläufer).
- Ist eine Abweichung vom Normaloszillogramm nur am Oszillogramm eines Zylinders zu erkennen (Abb. 3b), so liegt der Fehler im Sekundärstromkreis nach dem Verteilerläufer.

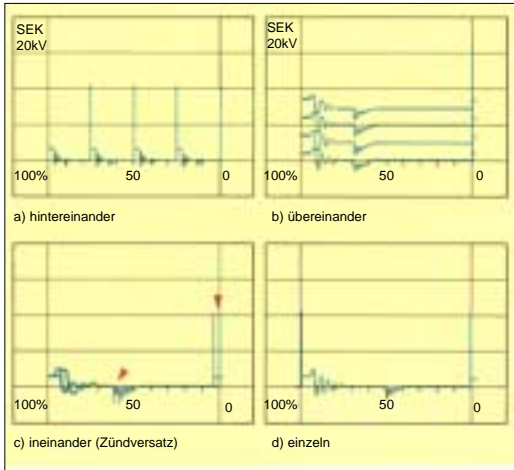


Abb.2: Oszillogrammeinstellungen

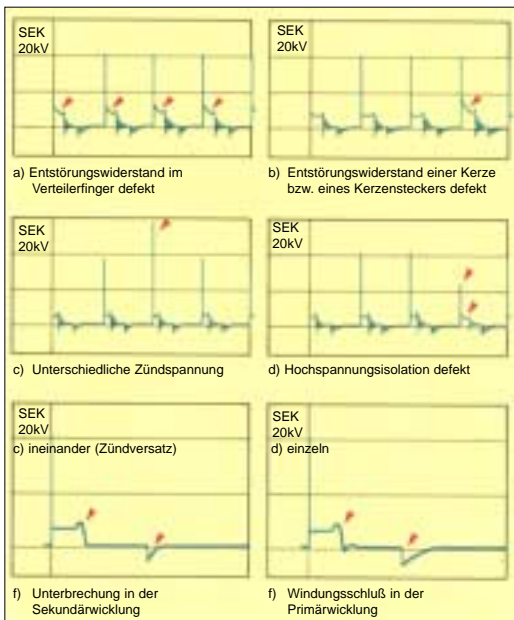


Abb.3: Fehlerhafte Oszillogramme

- Die Fehler an der Zündanlage sind häufig im Sekundär-Oszillogramm am besten zu erkennen. Zusätzlich sollten aber immer auch die Primär-Oszillogramme zur fehlererkennung herangezogen werden.
- Messungen nur bei warmen Motor vornehmen, da viele Fehler an der Zündanlage erst bei betriebswarmem Motor auftreten.

# 55

## Elektrische Batteriezündanlagen

In den elektronischen Batteriezündanlagen wird der Primärstrom nicht mehr vom Unterbrecherkontakt, sondern von **elektronischen Bauelementen** (Transistor, Thyristor) geschaltet.

Unterschieden werden:

- Transistorzündanlage und
- Kondensatorzündanlage (Thyristorzündung)

Die elektronischen Bauelemente, die in den **Schaltgeräten** (Abb. 2) zusammengefaßt sind, müssen zum Schalten des Primärstromes veranlaßt werden. Dies erfolgt durch die **Zündauslöser**, die **elektrische Impulse** liefern und deshalb auch als **Impulsgeber** bezeichnet werden.

Es werden folgende Impulsgeber verwendet:

- Unterbrecherkontakt,
- Induktionsgeber,
- Hallgeber.

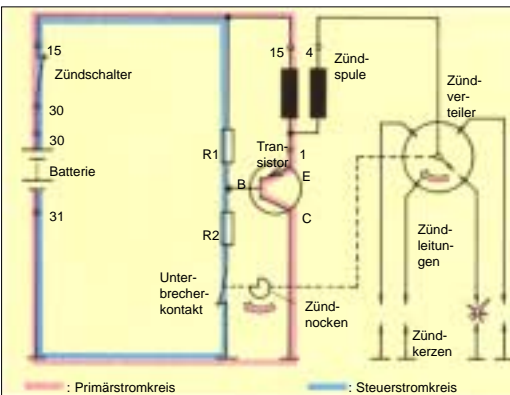


Abb.1: Grundschialtung der Transistorzündanlage

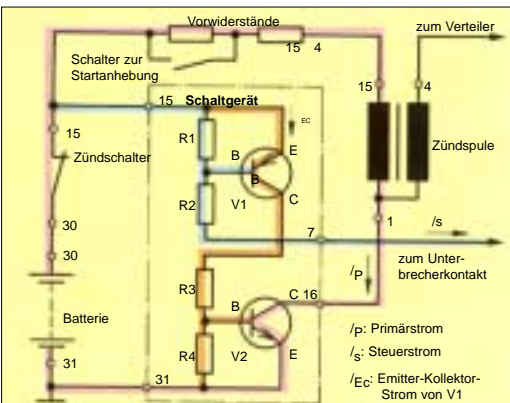


Abb.2: Schaltplan einer kontaktgesteuerten Transistorzündung mit zwei Transistoren

### 55.1 Transistorzündanlage

#### 55.1.1 Aufbau der Transistorzündanlage

In der Transistorzündanlage schaltet ein **Transistor** den Primärstrom.

Die Grundlagen der Transistorzündanlage, auch als **Transistorbatteriezündung** oder **Transistorspulenzündung** (TSZ) bezeichnet, sind in den Kap. 51.3.5 und Kap. 54 beschrieben.

Abb. 1 zeigt die **Grundschialtung** einer Transistorzündanlage mit Unterbrecherkontakt (TSZ-K) als Impulsgeber. Die Wirkungsweise dieser einfachen Grundschialtung ist im Kap. 51.3.5 beschrieben. In der Abb. 2 enthält das **Schaltgerät** wegen der besseren Ansteuerung und des damit sicheren Durchschaltens des Schalttransistors V2 noch einen zweiten Transistor V1. Zusätzlich enthält das Schaltgerät in der Abb.2 nicht dargestellte elektronische Bauelemente, die der Betriebssicherheit dienen.

#### 55.1.2 Wirkungsweise der Transistorzündanlage

Ist der Unterbrecherkontakt geschlossen, so fließt der **Steuerstrom**  $I_s$  über R1 und R2, wodurch der **Steuertransistor** V1 leitend wird. Durch den Emittor-Kollektorstrom  $I_{EC}$  von V1, der über R3 und R4 zur Masse fließt, wird der **Schalttransistor** V2 leitend. Der Primärstrom  $I_p$  wird eingeschaltet. Öffnet der Unterbrecherkontakt, so wird V1 gesperrt. Damit sperrt V2, und der Primärstrom wird unterbrochen. Die Zündung erfolgt.

Der **Unterbrecherkontakt** schaltet in der Transistorzündanlage nur noch den geringen Steuerstrom von etwa 0,3 Ampere.

Da der Unterbrecherkontakt nicht an der hohen Primär-Induktionsspannung anliegt, ist der Kontaktverschleiß aufgrund des fehlenden Kontakfeuers sehr gering. Ein **Zündkondensator** wird in der Transistorzündanlage nicht benötigt. Die Transistorzündanlage arbeitet mit einem höheren Primärstrom (bis etwa 9 A), wodurch eine höhere Sekundärspannung erzeugt und die Zündspannungsreserve erhöht wird (Abb. 3).