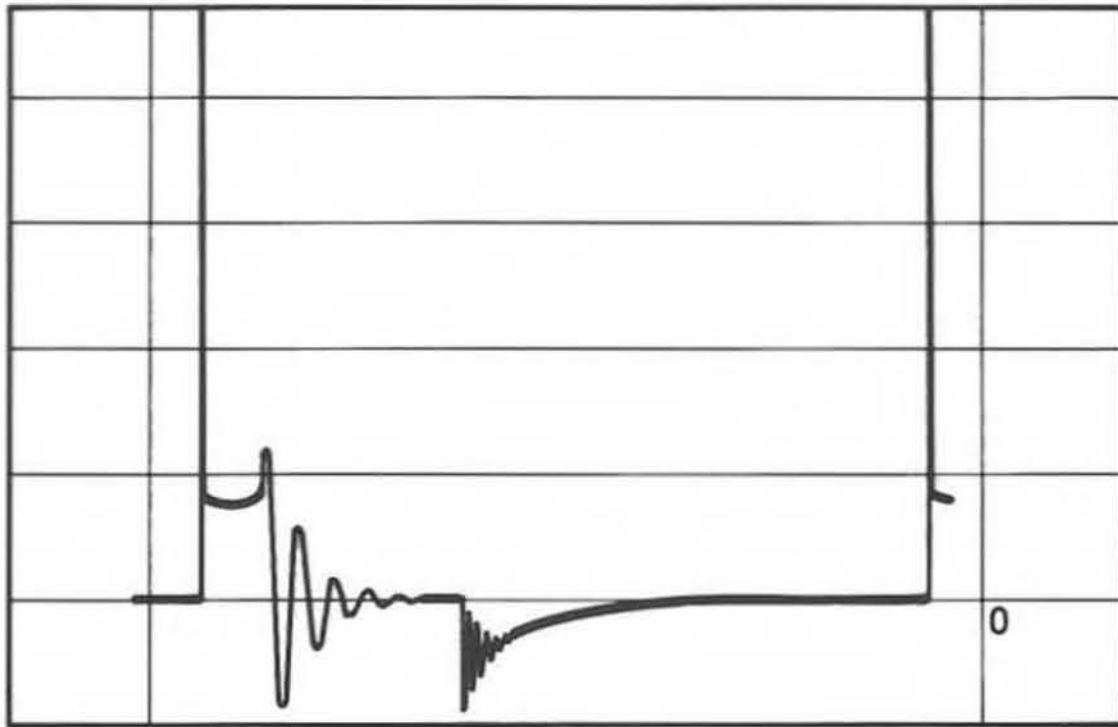


Motortest



**Fehlersuche
mit dem Oszilloskop**



BOSCH

Inhalt

	Seite
1. Grundlagen	5
1.1 Die Funktion des Zündungszilloskops	5
1.1.1 Allgemeines	5
1.1.2 Der Bildschirm des Oszilloskops	5
1.1.3 Die Ablenkung des Elektronenstrahls	5
1.1.4 Die Triggerung der Zeitablenkung	5
1.1.5 Die Darstellung verschiedener Spannungsverläufe	6
1.1.6 Bilddehnung, Horizontal- und Vertikalverschiebung	7
1.1.7 Blockschaltbild des gesamten Zündungszilloskops	8
1.2 Physikalische Grundlagen der Spulenzündanlage	9
1.2.1 Wie man elektrische Energie erzeugen kann	9
1.2.2 Stromdurchflossene Leiter	9
1.2.3 Die Selbstinduktion	10
1.2.4 Der Transformator	11
1.2.5 Der Kondensator	12
1.2.6 Die zusätzliche Dämpfung	14
2. Beschreibung der Zündanlagen und Aufbau des Normaloszillogrammes	15
2.1 Aufbau der kontaktgesteuerten Spulenzündung (SZ)	15
2.2 Die charakteristischen Merkmale des Normaloszillogrammes	16
2.2.1 Der Schließabschnitt	16
2.2.2 Die Zündspannung	17
2.2.3 Der Zündfunke	17
2.2.4 Der Ausschwingvorgang	18
2.3 Aufbau der Transistor-Spulenzündung (TSZ)	19
2.3.1 Allgemeines	19
2.3.2 Der Transistor	19
2.3.3 Die Zenerdiode	20
2.3.4 Die Schutzbeschaltung des Transistors	20
2.3.5 Die Ansteuerung des Transistors	21
2.3.6 Das Steuerimpulsbild	21
2.4 Ausführungen der Transistor-Spulenzündung	22
2.4.1 Die kontaktgesteuerte Transistor-Zündung (TSZ-k)	22
2.4.2 Die kontaktlose Transistorzündung mit Hallgeber (TSZ-h)	22
2.4.2.1 Arbeitsweise des Hallgebers	22
2.4.2.2 Arbeitsweise des Schaltgerätes	23
2.4.3 Die kontaktlose Transistorzündung mit Induktionsgeber (TSZ-i)	24
2.4.3.1 Arbeitsweise des Induktionsgebers	24
2.4.3.2 Schaltgerät mit Schließwinkelsteuerung	25
2.4.3.3 Schaltgerät mit Schließwinkelregelung und Strombegrenzung (Hybrid-Bauweise)	26
2.5 Die Hochspannungs-Kondensator-Zündung (HKZ)	27
2.5.1 Allgemeines	27
2.5.2 Aufbau der Hochspannung-Kondensator-Zündung	27
2.5.2.1 Der Ladeteil	28
2.5.2.2 Der Thyristor	28
2.5.2.3 Der Zündtransformator	28
2.5.2.4 Die Ansteuerung der HKZ	28
2.6 Die vollelektronische Zündanlage	29
2.6.1 Allgemeines	29
2.6.2 Aufbau	29

Nachdruck, Vervielfältigung und Übersetzung auch auszugsweise nur mit unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung und mit Quellenangabe gestattet.

Abbildungen, Beschreibungen, Schemazeichnungen und andere Angaben dienen nur der Erläuterung und Darstellung des Textes. Sie können nicht als Grundlage für Konstruktion, Einbau und Lieferumfang verwendet werden.

Wir übernehmen keine Haftung für die Übereinstimmung des Inhalts mit den jeweils geltenden gesetzlichen Vorschriften. Printed in the Federal Republic of Germany.

Imprimé en République Fédérale d'Allemagne par Robert Bosch GmbH

	Seite		Seite
3. Die Normaloszillogramme	30	5.5 Fehler, die nur bei	49
3.1 Kontaktgesteuerte Spulenzündung (SZ)	30	Transistorzündungen auftreten	49
3.2 Transistor-Spulenzündung (TSZ)	30	5.5.1 Fehler, die im Sekundärkreis auftreten	49
3.2.1 Das Sekundärbild TSZ	30	5.5.2 Fehler, die die Primärspannung verändern	49
3.2.2 Das Primärbild TSZ	30	5.5.3 Fehler, die in der Ansteuerung	
3.2.3 Die Transistorzündung mit		des Schaltgerätes auftreten	50
veränderlichem Schließwinkel	31	5.5.3.1 Kontaktgesteuerte Transistorzündung (TSZ-k)	50
3.2.3.1 Schließwinkelsteuerung	31	5.5.3.2 Transistorzündung mit Hallgeber (TSZ-h)	50
3.2.3.2 Strombegrenzung	32	5.5.3.3 Transistorzündung mit Induktionsgeber (TSZ-i)	50
3.2.4 Das Steuerimpulsbild ST	32	5.6 Messungen bei Spulenzündanlagen	52
3.2.4.1 Kontaktgesteuerte Transistorzündung (TSZ-k)	32	5.6.1 Schließwinkel	52
3.2.4.2 Transistorzündung mit Hallgeber (TSZ-h)	32	5.6.2 Zündversatz	53
3.2.4.3 Transistorzündung mit		5.6.3 Schließwinkel bei unsymmetrischen Verteilern	53
Induktionsgeber (TSZ-i)	33	5.7 Fehlersuche in der Hochspannungs-	
3.2.5 Besonderheiten	33	Kondensator-Zündung (HKZ)	54
3.2.5.1 TSZ-i mit unsymmetrischem Verteiler	33	5.7.1 Anschließen	54
		5.7.1.1 Anschließen an der kontaktgesteuerten HKZ	54
		5.7.1.2 Anschließen an der kontaktlosen HKZ	54
		5.7.2 Oszillogramme der HKZ mit	
		Mehripulsaufladung	54
		5.7.2.1 Die Normaloszillogramme	54
		5.7.2.2 Fehlerbilder	55
4. Vorbereitungen und Hinweise	34		
für Fehlersuche	34	6. Prüfen von Drehstrom-	
4.1 Fahrzeug vorbereiten	34	generatoren	56
4.2 Testgerät anschließen	34	6.1 Meßbedingungen	56
4.3 Fehlersuche in Transistor-Spulenzündungen	35	6.2 Bild eines einwandfrei arbeitenden Generators	56
4.3.1 Identifizierung des Zündanlagen-Typs	35	6.3 Fehler und dazugehörige Oszillogramme	56
4.3.1.1 Kontaktgesteuerte Transistorzündung (TSZ-k)	35	6.3.1 Unterbrechung einer Erregerdiode	56
4.3.1.2 Kontaktlose Transistorzündung		6.3.2 Unterbrechung einer Plusdiode	57
mit Hallgeber (TSZ-h)	35	6.3.3 Unterbrechung einer Minusdiode	57
4.3.1.3 Kontaktlose Transistorzündung		6.3.4 Kurzschluß einer Erregerdiode	57
mit Induktionsgeber (TSZ-i)	36	6.3.5 Kurzschluß einer Plusdiode	57
4.3.1.4 Transistorzündung mit		6.3.6 Kurzschluß einer Minusdiode	58
Strombegrenzung (Hybrid-Bauweise)	36	6.3.7 Phasenfehler	58
4.3.2 Anschlußbezeichnungen bei			
Transistorzündungen	37	7. Weitere Prüfmöglichkeiten mit	
4.3.3 Schema für die Fehlersuche		dem Oszilloskop	59
in Transistorzündanlagen	38		
		8. BOSCH-Motortestgeräte	60
5. Fehler und dazugehörige			
Oszillogramme	40		
5.1 Einführung	40		
5.2 Hinweise zur Auswertung	40		
5.3 Fehler, die bei allen Zündsystemen			
gleich sind	41		
5.3.1 Fehler, die die Zündspannungsnadel			
verändern	41		
5.3.1.1 Unterschiedliche Zündspannungen	41		
5.3.1.2 Zündkerzentest	42		
5.3.2 Fehler, die die Zündspannungsnadel			
und die Brennspannungslinie verändern	42		
5.3.2.1 Hochspannungsisolation defekt	42		
5.3.2.2 Zu geringe Zündspannungsreserve	43		
5.3.3 Fehler, die nur die			
Brennspannungslinie verändern	44		
5.3.3.1 Entstörwiderstände defekt	44		
5.3.3.2 Verschmutzte Zündkerzen	44		
5.3.4 Fehler, die den Ausschwingvorgang			
und den Schließabschnitt verändern	45		
5.3.4.1 Unterbrechung in der Sekundärwicklung	45		
5.3.4.2 Windungsschluß der Primärwicklung	45		
5.3.5 Sonstige Fehler	46		
5.3.5.1 Zündspule falsch gepolt	46		
5.4 Fehler, die nur bei kontakt-			
gesteuerten Spulenzündungen auftreten	47		
5.4.1 Kontaktprellungen	47		
5.4.2 Verschmutzte bzw. verbrannte Kontakte	47		
5.4.3 Zündkondensator hat Masseschluß	48		
5.4.4 Kondensator-Reihenwiderstand	48		

Die Prüfung elektrischer Kfz-Zündungsanlagen mit dem Zündungszilloskop

Die Entwicklung der elektrischen Zündanlage war mit der Motorenentwicklung von Anfang an auf das Engste verknüpft. Sie war eine der Grundvoraussetzungen für die rasche Entwicklung und Verbreitung des Ottomotors. Während die klassische Spulenzündung mit Unterbrecherkontakt stetig verbessert und weiterentwickelt wurde und über Jahrzehnte im Grundkonzept gleichgeblieben ist, wird sie nun in den letzten Jahren in zunehmendem Umfang durch elektronische Zündsysteme abgelöst.

Ausgelöst wurde diese Entwicklung durch strengere Abgasgesetze, durch die Notwendigkeit zur Kraftstoffeinsparung und durch neue Motorentwicklungen mit Leistungen, die früher nur von Renn- und Sportmotoren erreicht wurden.

Der entscheidende Durchbruch wurde aber erst durch die raschen Fortschritte auf dem Gebiet der Halbleitertechnik ermöglicht.

Die Batteriezündung in Kraftfahrzeugen wird dabei besonders betroffen und ist z. Zt. einem starken Wandel unterworfen.

Darauf haben sich auch die KFZ-Werkstätten einzustellen und zwar sowohl bei der Ausbildung der Mitarbeiter als auch bei der Ausrüstung mit Test- und Prüfgeräten. Vor allem ein Testgerät ist dabei zu einer wichtigen und ohne Zweifel universellen Einrichtung für den modernen Motor- und Zündungstest geworden:

Das Zündungszilloskop

Wir haben es bei jeder Zündanlage, egal ob klassische Spulenzündung oder hochmoderne elektronische Zündung mit einer Folge von rasch ablaufenden elektrischen Vorgängen zu tun.

Und mit keinem anderen Testgerät kann man elektrische Abläufe so anschaulich und gut verständlich darstellen wie mit dem Oszilloskop.

Nur damit ist es möglich, sozusagen ins Innere einer Zündanlage zu schauen und zu erkennen, was dort geschieht.

Und wie Sie dann daraus die richtigen Schlüsse ziehen können, sollen Ihnen unsere weiteren Ausführungen zeigen.

Ganz ohne Theorie kommen wir dabei allerdings nicht aus. Aber keine Sorge, große wissenschaftliche Abhandlungen wollen wir Ihnen nicht zumuten.

Es sind nur die physikalischen Grundlagen von Oszilloskop und Zündanlage, die wir Ihnen verständlich machen wollen.

Denn dieses Verständnis ist entscheidend für eine richtige Auswertung dessen, was Ihnen das Oszilloskop aufzeigt.

Es wurden deshalb in diesem Heft die Grundlagen ganz bewußt von der eigentlichen Durchführung und Auswertung des Zündungstests getrennt. Wir glauben, daß wir damit am besten auf die Notwendigkeit eingegangen sind, einerseits für die tägliche Arbeit knappe Anleitungen für die Auswertung des Zündungszillosgramms zu haben, ohne andererseits auf eine tiefergehende Beschreibung der Zusammenhänge verzichten zu müssen. Und Sie werden sehen, mit dem Verständnis für Vorgänge in der Zündung und mit der Anwendung in der täglichen Praxis wird Ihnen das BOSCH-Zündungszilloskop bald zum unentbehrlichen Helfer werden.

1. Grundlagen

1.1 Die Funktion des Zündungszilloskops

1.1.1 Allgemeines

In diesem Kapitel wollen wir Ihnen eine kurze Einführung in die Funktion eines modernen Zündungszilloskops geben.

Wir wollen Ihnen helfen, Vertrauen in dieses wohl universelle Testgerät für die Zündung zu finden.

Und mit dem Verständnis für die Vorgänge im Zündungszilloskop selbst wird es für Sie dann leichter sein, die Bilder auf dem Oszilloskopschirm richtig zu deuten.

Diese Einführung kann auf keinen Fall bis in die letzten Hintergründe der Elektronik eines solchen Geräts vordringen, sie soll nur das vermitteln, was für die Praxis und den Praktiker von Wichtigkeit ist.

Wir haben deshalb bei unseren Erläuterungen manches bewußt vereinfacht, um das Verständnis für die grundsätzlichen Funktionen zu erleichtern.

1.1.2 Der Bildschirm des Oszilloskops

Das Kernstück des Oszilloskops ist die Kathodenstrahlröhre. Ihr auf der Innenseite mit einem speziellen Material beschichteter Boden bildet den Bildschirm des Gerätes. Beim Auftreten von Elektronen leuchtet dieses Material auf und auf dem Bildschirm erscheint dann ein heller Punkt.

Wir kennen dieses Prinzip vom Fernsehgerät her, auf dessen Bildschirm aus lauter dunklen und hellen Punkten ein ganzes Bild entsteht. Bei modernen Zündungszilloskopen werden übrigens die gleichen Bildröhren verwendet, wie bei einem Fernsehgerät. Gegenüber älteren Geräten, die noch mit speziellen Oszillografenröhren ausgestattet waren, haben diese Fernsehrohren den Vorteil des größeren Bildes und der größeren Bildhelligkeit.

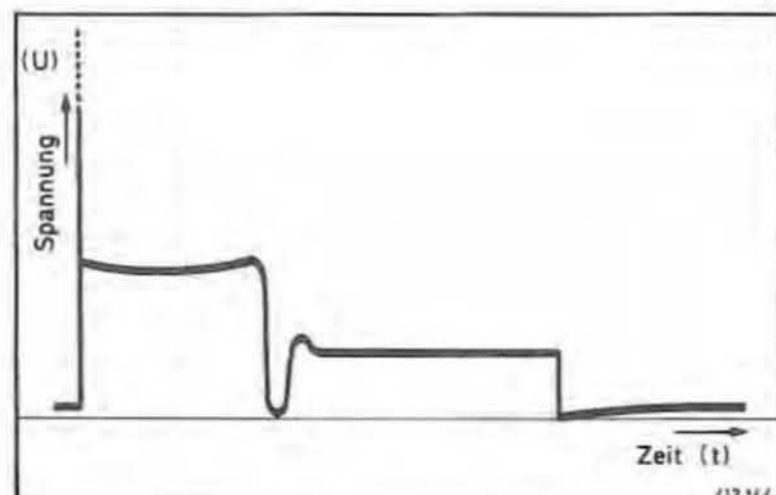
Für die Darstellung von Oszillogrammen auf der Kathodenstrahlröhre genügt es, Linien bzw. Kurven sichtbar zu machen. Wir lenken dazu den Elektronenstrahl und damit den hellen Punkt auf dem Bildschirm in einer gewünschten Richtung ab. Bedingt durch die Trägheit des menschlichen Auges und das Nachleuchten des Oszilloskopschirms sehen wir anstelle eines sich bewegenden Punktes eine Linie, wenn die Ablenkung schnell genug erfolgt.

1.1.3 Die Ablenkung des Elektronenstrahls

Die elektrischen Vorgänge, die wir auf dem Oszilloskop während der Zündung sehen wollen, sind charakteristische Spannungsverläufe innerhalb einer bestimmten Zeit.

Diese Spannungsverläufe wiederholen sich in regelmäßigen Abständen.

Bild 1 zeigt die Primärspannung einer Zündanlage in stark schematisierter Darstellung.



1

Um diesen Verlauf in gleicher Weise auf dem Bildschirm des Oszilloskops darstellen zu können, muß der Elektronenstrahl und damit der helle Bildpunkt in 2 Richtungen abgelenkt werden:

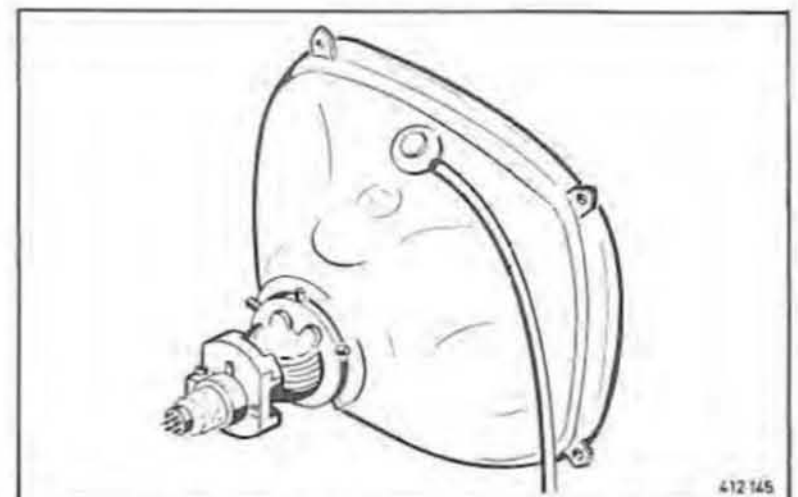
- in horizontaler Richtung in Abhängigkeit von der Zeit (t)
- in vertikaler Richtung in Abhängigkeit von der darzustellenden Spannung (U)

Die Ablenkung des Elektronenstrahls kann auf zwei verschiedene Arten erfolgen:

- a) elektrostatisch über ein elektrisches Feld zwischen je zwei Platten für die vertikale bzw. horizontale Richtung

Diese Art der Ablenkung wird im wesentlichen bei älteren Zündungszilloskopen verwendet.

- b) elektromagnetisch über ein magnetisches Feld zwischen je einer Ablenkspule für die vertikale und für die horizontale Richtung. Diese Art der Ablenkung wird bei Fernsehgeräten und bei modernen Zündungszilloskopen mit Fernsehrohre verwendet.



2

Bild 2 zeigt eine Fernsehrohre mit den dazugehörigen Ablenkspulen auf dem Röhrenhals.

1.1.4 Die Triggerung der Zeitablenkung

Wir haben vorher ausgeführt, daß die Ablenkung des Bildpunktes in horizontaler Richtung in Abhängigkeit von der Zeit erfolgen muß. Zur Abbildung eines Zündvorganges auf dem Bildschirm steht für die Ablenkung des Elektronenstrahls vom linken Bildanfang bis zum rechten Bildende genau die Zeit zur Verfügung, in der ein Zündvorgang abläuft. Diese Zeit eines Zündvorganges ist verständlicherweise nicht konstant, sondern ist abhängig von der Drehzahl und der Zylinderanzahl des jeweiligen Motors.

Das bedeutet, daß auch das Zündungszilloskop keine konstante Zeitablenkung hat. Die Zeitablenkung arbeitet so, daß immer einer, oder entsprechend der Einstellung, mehrere Zündvorgänge unabhängig von der Drehzahl des Motors gerade auf die Breite des Bildschirms geschrieben werden.

Um die sich ständig wiederholenden Zündvorgänge als stehendes Bild darzustellen, muß der Elektronenstrahl ununterbrochen einen Spannungsverlauf nach dem anderen auf den Bildschirm schreiben.

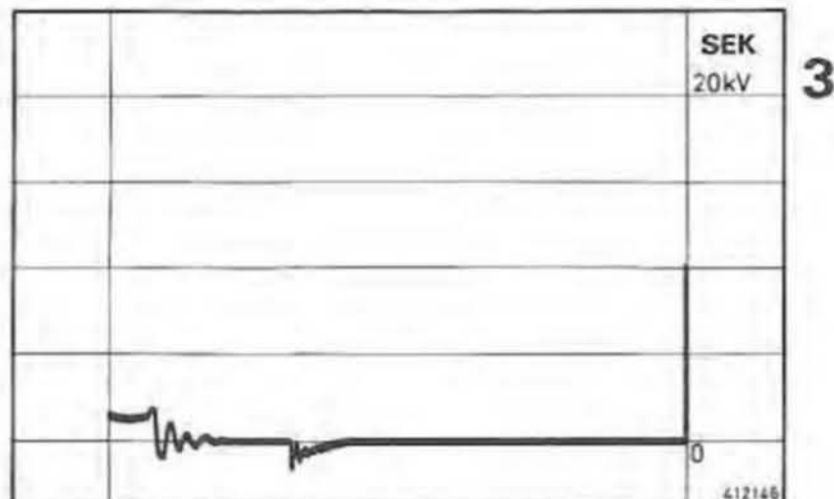
Der Elektronenstrahl muß deshalb, wenn er das rechte Bildende erreicht hat, sofort wieder an den linken Bildanfang zurückkehren und neu beginnen.

Während des Rücklaufs wird der Elektronenstrahl dunkel getastet, also keine Rücklauflinie geschrieben.

Damit bei entsprechender Einstellung die einzelnen aufeinander folgenden Zündvorgänge auch exakt ineinander geschrieben werden, muß sichergestellt werden, daß der Ablenkvorgang immer am gleichen Punkt des Spannungsverlaufs beginnt. Man sagt dazu, das Oszilloskop muß im richtigen Zeitpunkt getriggert werden.

Man kann das Oszilloskop z. B. bei jedem einzelnen Zündvorgang triggern.

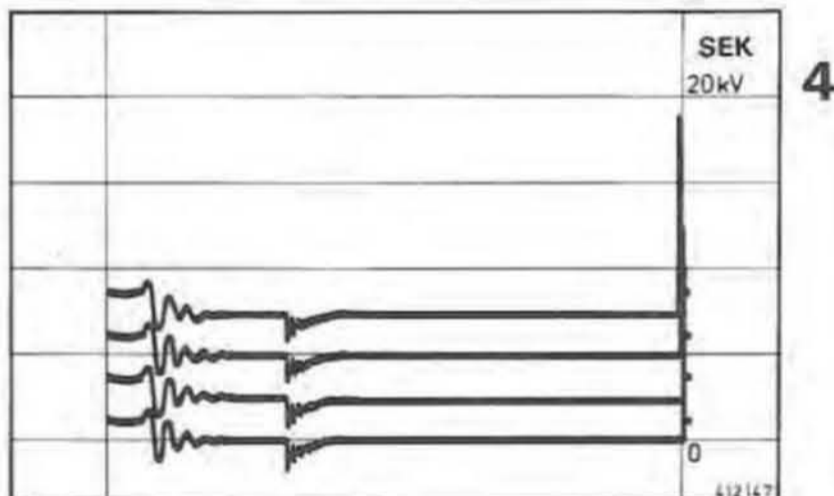
Es werden dann die Spannungsverläufe aller Zylinder ineinander geschrieben (Bild 3).



Für diese Art der Triggerung wird häufig auch der Begriff „interne Triggerung“ verwendet.

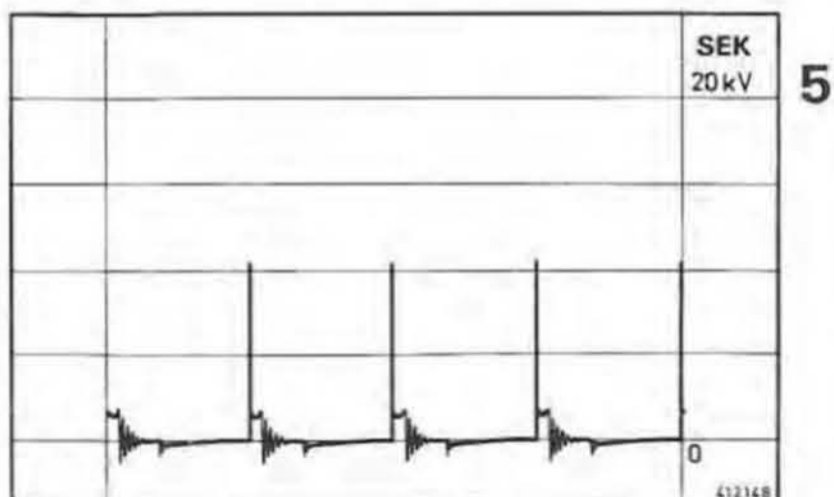
Als Triggersignal verwendet man dabei die Schließwinkelimpulse von der Klemme 1 der Zündspule.

Eine spezielle Schaltung im Oszilloskop erlaubt es, bei dieser Art der Triggerung die Zündvorgänge der einzelnen Zylinder nicht nur ineinander, sondern auch übereinander zu schreiben (Bild 4).



Man verwendet dafür auch den Begriff „Raster“.

Triggert man immer nur auf den 1. Zylinder, dann werden in einem Bild die Zündvorgänge aller Zylinder nebeneinander dargestellt (Bild 5).



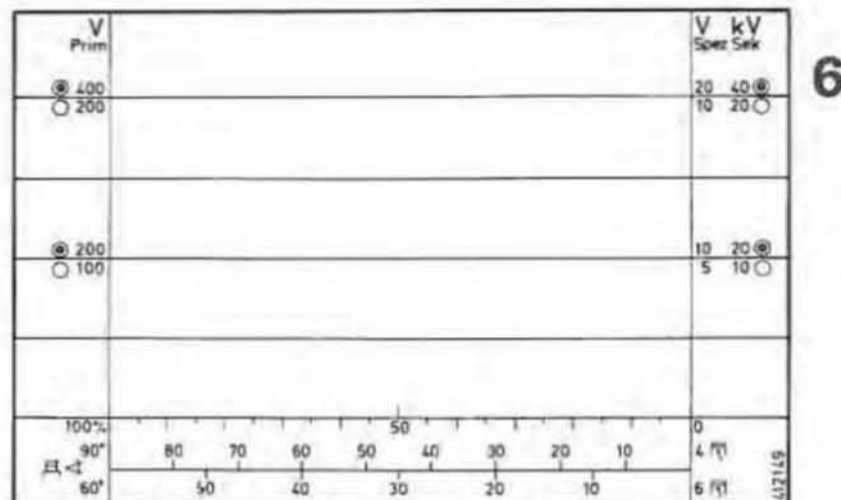
Man spricht dabei auch von „externer Triggerung“.

Der Abgriff für die Triggerung erfolgt dabei mit einem Geber an der Zündleitung des 1. Zylinders.

1.1.5 Die Darstellung verschiedener Spannungsverläufe

Üblicherweise besitzt ein Zündungoszilloskop mehrere Eingänge zur Darstellung der verschiedenen Spannungsverläufe in Zündung, Fahrzeugelektrik und Elektronik.

Diese Eingänge wirken letzten Endes alle auf die Vertikalablenkung des Oszilloskops. Die Höhe der Ablenkung ist in Spannungswerten für die einzelnen Eingänge auf dem Bildschirm angegeben, so daß die Ablesung direkt in Volt oder Kilovolt erfolgen kann, jeweils bezogen auf die Nulllinie des Bildschirms (Bild 6).



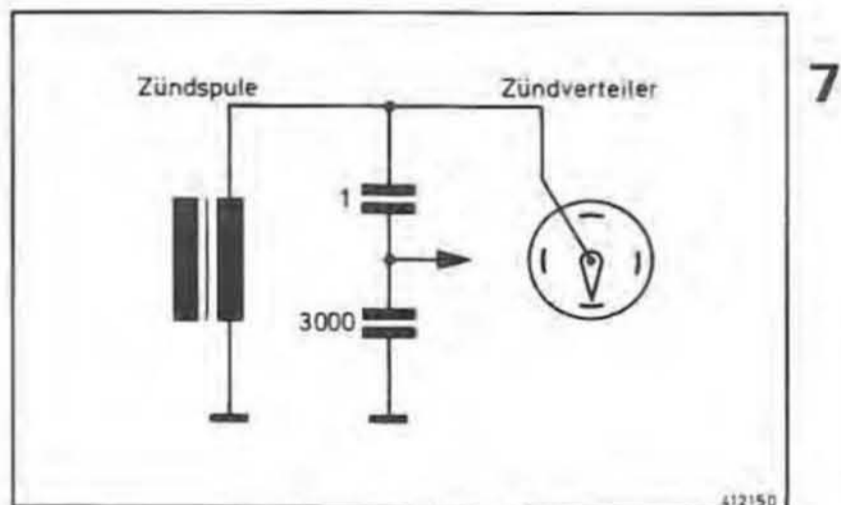
– Darstellung der Sekundärspannung

Um die Sekundärspannung aller Zylinder gleichzeitig auf dem Bildschirm darstellen zu können, erfolgt der Abgriff bei dieser Messung an der Leitung 4 zwischen Zündspule und Verteiler.

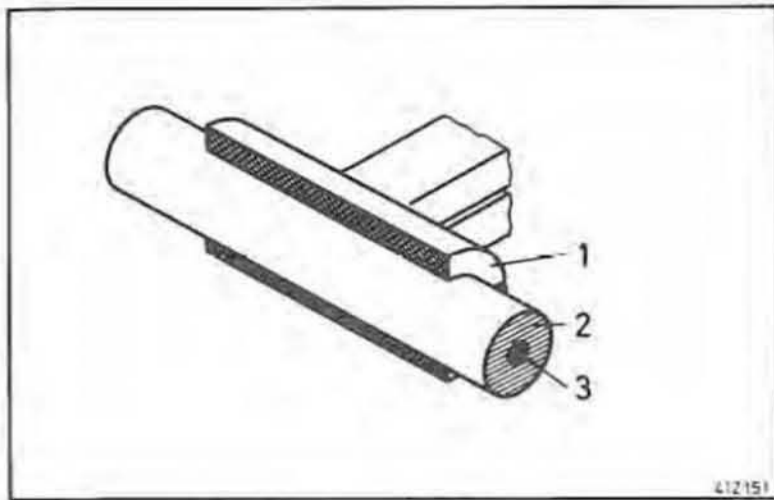
Es gibt dabei 2 Arten, die dort anstehende Hochspannung auf eine für den Oszillografen verwertbare Größe herunterzuteilen, ohne daß die Hochspannung direkt ins Gerät geführt werden muß:

– Die kapazitive Zange

Hierzu wird die Hochspannung über 2 Kapazitäten z. B. im Verhältnis 1:3000 heruntergeteilt (Bild 7).



Dabei sitzt der große, gegen Masse liegende Kondensator im Oszillografen selbst. Der an Leitung 4 liegende Kondensator ist als kapazitive Zange ausgebildet, die über diese Leitung geklemmt wird. Dabei bildet dann der Kupfer- bzw. Widerstandsleiter der Leitung 4 die eine Seite des Kondensatorbelags und die Zange selbst die andere Seite. Die Isolation der Leitung 4 ist gleichzeitig das Dielektrikum des Kondensators (Bild 8).



8

Bild 8

- 1 Zange
- 2 Dielektrikum, Isolator der Zündleitung
- 3 Zündleiter

Der große Vorteil dieser Anordnung ist die einfache Anschlußmöglichkeit. Die kapazitive Zange wird einfach über Leitung 4 geklemmt. Nachteilig ist eine gewisse Ungenauigkeit dieses Spannungsteilers. In die Zangenkapazität, und damit auch in die Meßgenauigkeit, gehen die Eigenschaften des Zündkabels, wie Art und Stärke der Isolation, Ausführung des Leiters usw. mit ein.

– Der kapazitive Geber

Auch hier wird die Hochspannung über einen kapazitiven Spannungsteiler heruntergeteilt.

Dazu muß allerdings die Leitung 4 abgezogen und ein hochspannungsisolierter Geber, der die externe Kapazität des Spannungsteilers enthält, dazwischen geschaltet werden.

Diese Art des Hochspannungsabgriffs hat eine wesentlich höhere Genauigkeit als der vorher beschriebene Abgriff über die kapazitive Zange.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn ein Zündungoszilloskop beide Möglichkeiten des Abgriffs besitzt, wie z. B. der BOSCH MOT 201.

Die Skala für die Sekundärspannung auf dem Bildschirm des Oszilloskops ist in Kilovolt (kV) angegeben.

– Darstellung der Primärspannung

Der Abgriff der Primärspannung kann direkt an Klemme 1 der Zündspule erfolgen.

Dieser Eingang des Oszilloskops ist üblicherweise für Spannungen zwischen 200–400 Volt ausgelegt.

Über diesen Eingang erfolgt auch die sogenannte interne Triggerung des Oszilloskops bei der Darstellung der Zündvorgänge „ineinander“ oder „übereinander“.

– Darstellung von Wechselfpannungen

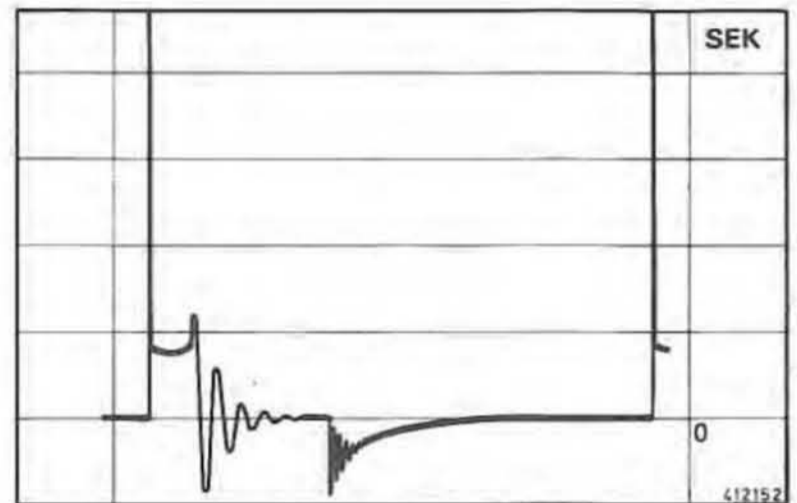
Neben den Spannungsverläufen der Zündungsvorgänge gewinnt die Darstellung anderer Wechselfpannungsverläufe in Kfz-Elektrik und -Elektronik zunehmend an Bedeutung.

Außer der schon bekannten Prüfung von Drehstromgeneratoren über den Wechselfpannungsanteil der Generatorspannung können zum Beispiel auch Ausgangsspannungen von Gebern kontaktloser Zündanlagen oder Ventilspannungen von elektronischen Einspritzsystemen dargestellt werden.

1.1.6 Bilddehnung, Horizontal- und Vertikalverschiebung

Um das Ablesen auf dem Bildschirm zu erleichtern, hat jedes Oszilloskop noch einige Zusatz-Einrichtungen.

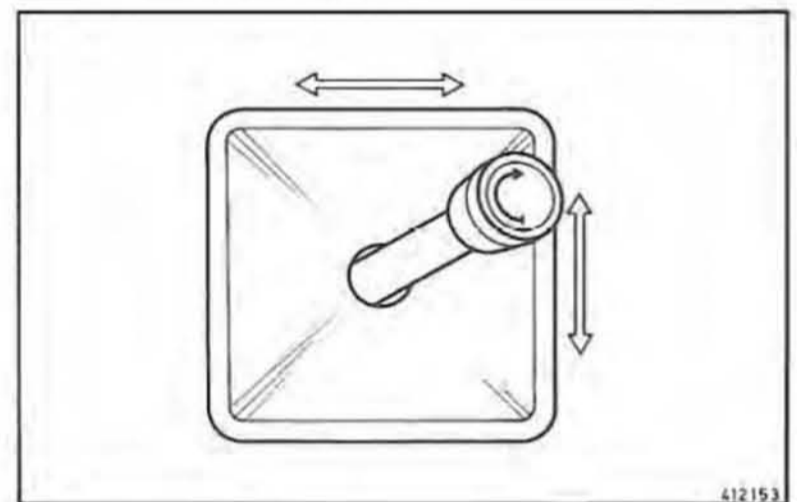
- Durch die „Bilddehnung“ können Einzelheiten des Spannungsverlaufs genauer betrachtet werden. Das Gesamtbild wird dazu in horizontaler und vertikaler Richtung auseinandergezogen, es entsteht praktisch eine Art Lupeneffekt (siehe Bild 9).



9

- mit der Horizontal- bzw. Vertikalverschiebung kann das Gesamtbild nach oben oder nach unten, bzw. nach den Seiten so verschoben werden, daß interessante Punkte in die Mitte des Bildschirms rücken.

Die Bedienung des Oszilloskops wird erleichtert, wenn die hier beschriebenen Einstellungen durch eine Art „Universalhebel“ erfolgen (Bild 10).



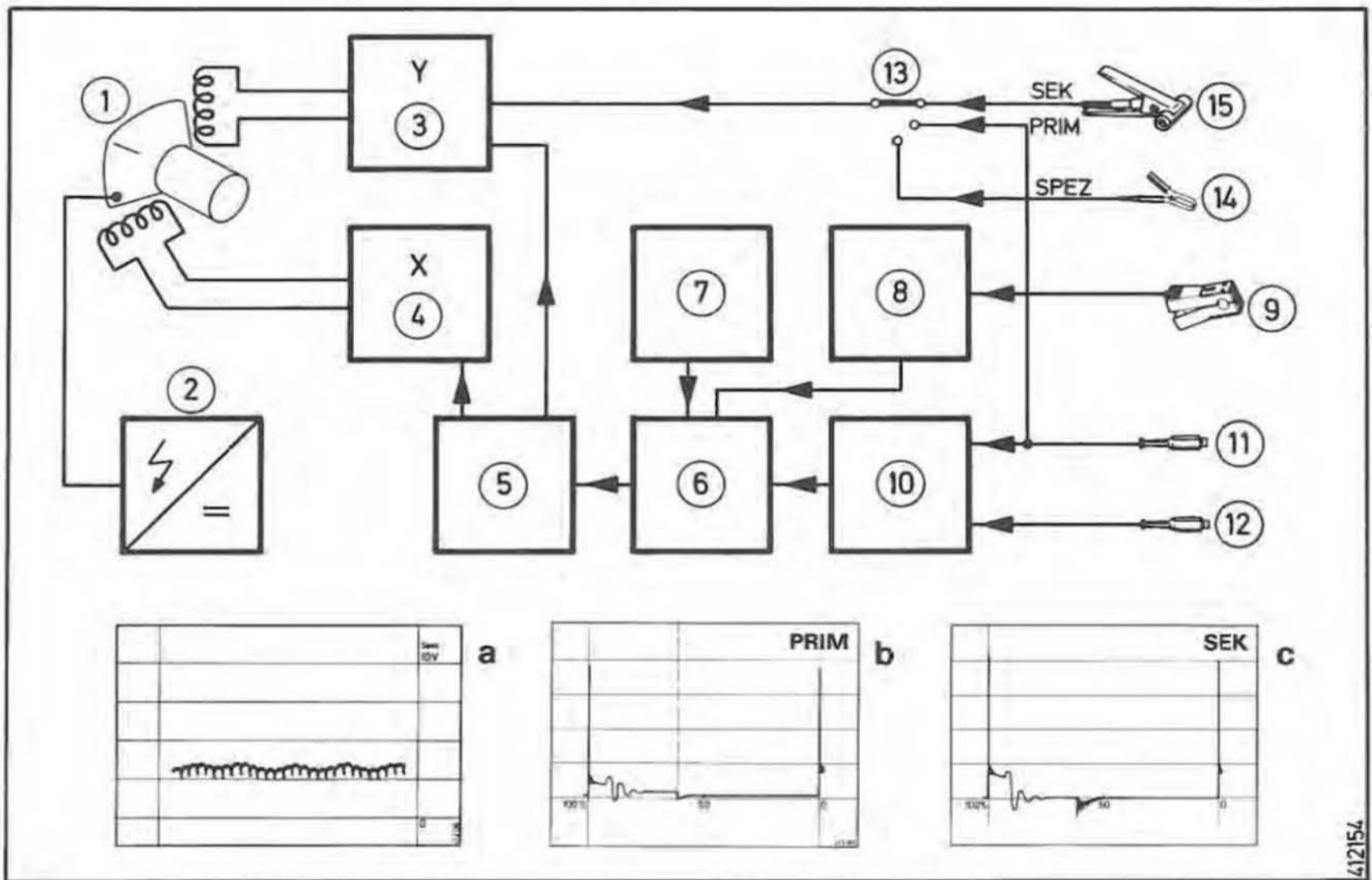
10

1.1.7 Blockschaltbild des gesamten Zündungszilloskops (Bild 11)

Im Blockschaltbild haben wir sämtliche oben beschriebenen Funktionen und ihre Verknüpfungen zusammengefaßt. Auch dieses Blockschaltbild ist natürlich stark vereinfacht, doch es genügt, um zu erkennen, wie die einzelnen Funktionen im Oszilloskop zusammenhängen und wie die Signale von den Eingängen bis zur Darstellung auf dem Bildschirm verarbeitet werden.

1. Bildröhre
2. Hochspannungsteil für die Erzeugung des Elektronenstrahls in der Bildröhre
3. Vertikalverstärker mit Ablenkspule
4. Horizontalverstärker mit Ablenkspule
5. Zeitablenkung mit Triggerung und Treppengenerator

6. Zündfolgesynchronisation
7. Eingabe der Zylinderzahl
8. Impulsformerstufe für die induktive Triggerzange
9. Induktive Triggerzange
10. Impulsformer für das Schließwinkelsignal
11. Grüner Klipp (KI. 1)
12. Gelber Klipp (KI. 15)
13. Programmschalter für die Eingangssignale Spez., Prim., Sek.
14. Rote Anschlußklemme
15. Kapazitive Zange
- a) Spez-Signal (hier an Generator D+)
- b) Primärsignal
- c) Sekundärsignal



1.2 Physikalische Grundlagen der Spulen-Zündung

Wir haben uns jetzt mit der grundsätzlichen Funktion eines Zündungsoszilloskops vertraut gemacht. Nun kommen wir zu dem, was wir mit dem Oszilloskop eigentlich prüfen wollen, zur Zündanlage.

Zum besseren Verständnis der Vorgänge in der Zündanlage ist es notwendig, tiefer in ihre physikalischen Grundlagen einzusteigen. Das geeignete Zündanlagen-Beispiel ist die kontaktgesteuerte Spulenzündung, weil mit Ausnahme der Hochspannungs-Kondensator-Zündung (HKZ) letzten Endes auch die neuen elektronischen Zündsysteme auf diesen Grundlagen aufbauen.

Auf die Hochspannungs-Kondensator-Zündung werden wir in einem gesonderten Kapitel eingehen.

1.2.1 Wie man elektrische Energie erzeugen kann

Wird ein elektrischer Leiter in ein Magnetfeld gebracht, das seine Feldstärke ändert, so wird während dieser Änderung in dem Leiter eine elektrische Spannung induziert (= hervorgerufen). Bild 12

Von dieser Feststellung können wir uns überzeugen, indem wir den im Bild dargestellten Versuch durchführen. Wir nehmen dazu einen Stabmagneten, den wir mit gleichmäßiger Geschwindigkeit in eine Spule tauchen. Bei a wird die Spule von dem Magnetfeld noch nicht erreicht, und unser an die Spule angeschlossenes Voltmeter zeigt noch keine Spannung an. Bei b wird bereits die halbe Spule vom Magnetfeld durchsetzt, und unser Voltmeter zeigt eine steigende Spannung, die ihren Höchstwert erreicht, wenn der Stabmagnet voll eintaucht.

Die Spule war einem veränderlichen (in diesem Fall wachsenden) Magnetfeld ausgesetzt, so daß in ihr eine elektrische Spannung induziert wurde. Daß es bei der elektrischen Induktion auf die Veränderung des Magnetfeldes ankommt, können wir leicht feststellen. Wenn wir nämlich beim Eintauchen den Stabmagneten plötzlich anhalten, ist die elektrische Spannung verschwunden. **Wir merken uns** also für unsere späteren Betrachtungen:

In einem Leiter wird immer nur dann eine elektrische Spannung induziert, wenn er einem Magnetfeld ausgesetzt ist, das seine Stärke ändert.

Die Größe der induzierten Spannung ist abhängig von der Stärke des Magnetfeldes, von der Schnelligkeit, mit der sich das Magnetfeld verändert und von der Windungszahl der Spule.

1.2.2 Stromdurchflossene Leiter

Der Vorgang der elektrischen Induktion ist umkehrbar, d. h. man kann also einerseits mit Hilfe eines Magnetfeldes Strom erzeugen (siehe 1.2.1), andererseits aber auch mit Strom ein Magnetfeld hervorrufen (induzieren).

Der Lehrsatz für die magnetische Induktion lautet:

Jeder stromdurchflossene Leiter erzeugt ein Magnetfeld.

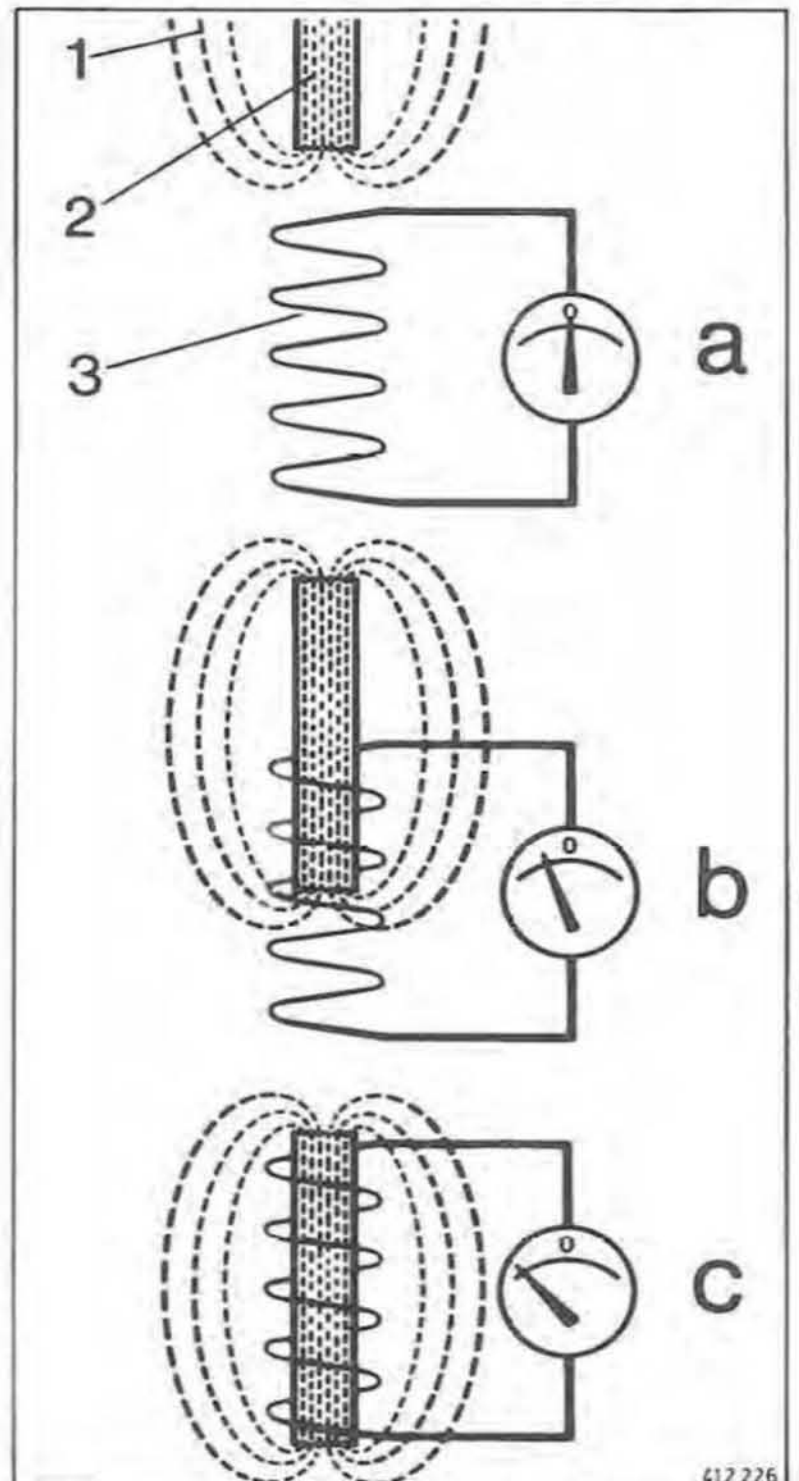
Bild 13

Die magnetische Wirkung eines stromdurchflossenen geraden Drahtes ist verhältnismäßig gering. Man kann sie verstärken, indem man den Leiter zu einer Spule wickelt und diese zusätzlich mit einem Eisenkern versieht. Solche Gebilde nennt man bekanntlich Elektromagnete, die in der Technik für die verschiedensten Zwecke eingesetzt werden.

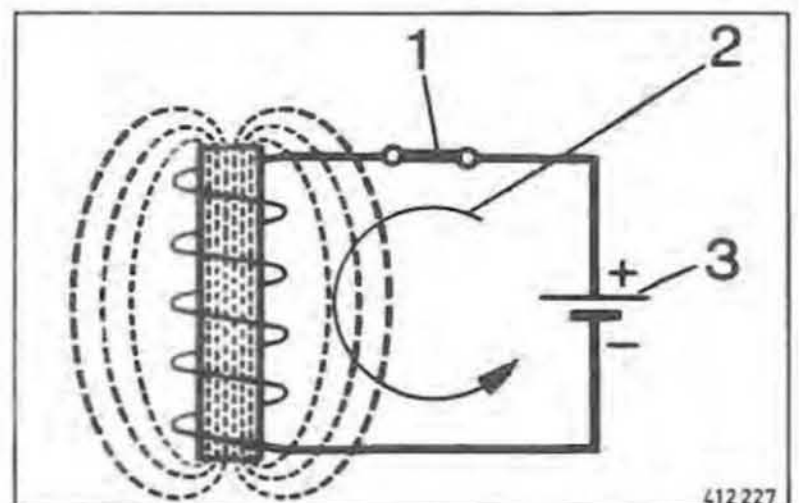
Wir merken uns:

Voraussetzung für eine magnetische Induktion ist, daß durch den Leiter ein Strom fließt.

Die Stärke des Magnetfeldes ist abhängig von der Stromstärke, von der Windungszahl und dem Aufbau der Spule.



Die elektrische Induktion
1 = Magnetfeld
2 = Stabmagnet
3 = Spule



Die magnetische Induktion
1 = Schalter (geschlossen)
2 = Stromrichtung
3 = Batterie

12

13

1.2.3 Die Selbstinduktion

Bleiben wir noch beim Elektromagneten. Wir haben gesagt: Voraussetzung für die magnetische Induktion ist, daß ein Strom fließt. Wenn wir den in Bild 13 eingezeichneten Schalter betätigen, ergeben sich folgende Zustände:

Schalter offen = es fließt kein Strom = kein Magnetfeld vorhanden.

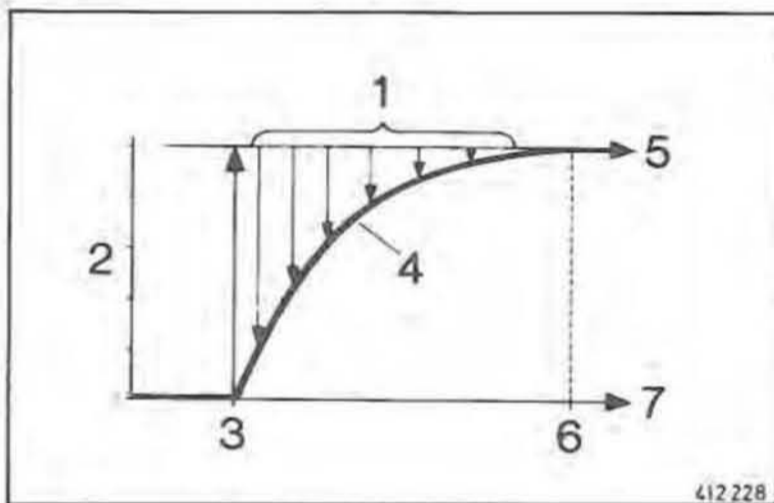
Schalter zu = es fließt Strom = Magnetfeld vorhanden.

Die Vorgänge beim Schließen und Öffnen des Schalters wollen wir uns aber noch einmal näher ansehen.

Beginnen wir unsere Betrachtungen bei offenem Schalter. Da kein Strom fließt, ist also auch kein Magnetfeld vorhanden. Beim Schließen des Schalters muß sich also erst ein Magnetfeld bilden bzw. aufbauen. Im Augenblick des Schließens sind deshalb alle Voraussetzungen für eine elektrische Induktion gegeben, denn wir haben ein sich veränderndes (aufbauendes) Magnetfeld, dessen Kraftlinien einen Leiter (die eigene Spule) schneiden. Wir können also sagen: Das von der Spule hervorgerufene Magnetfeld erzeugt während seines Aufbaues in derselben Spule eine Spannung, die sogenannte Selbstinduktionsspannung.

Diese beim Aufbau des Magnetfeldes entstehende Selbstinduktionsspannung ist der Betriebsspannung entgegengerichtet.

Durch Selbstinduktion wird der Aufbau des Magnetfeldes verzögert.



14

Bild 14

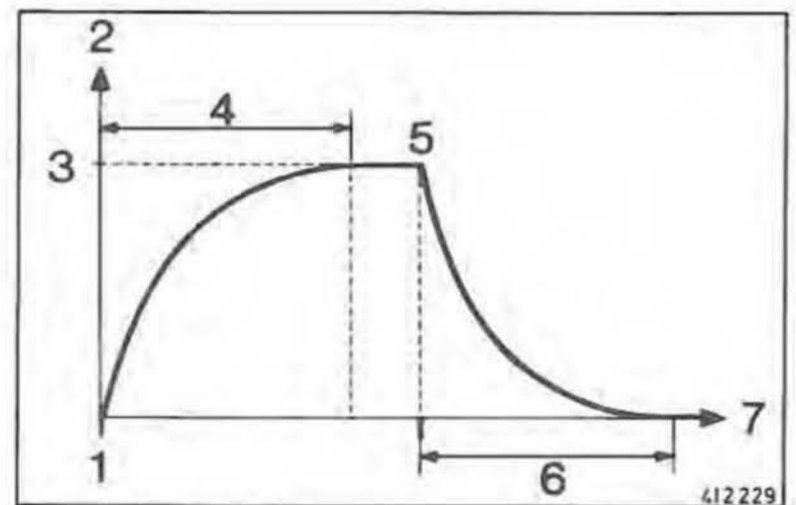
- 1 = Selbstinduktions-Spannung
- 2 = Batteriespannung
- 3 = Einschalten
- 4 = Strom/Magnetfeld
- 5 = Ruhestrom
- 6 = Aufbau des Magnetfeldes beendet – keine Selbstinduktions-Spannung mehr
- 7 = Zeit

Beim Schließen des Schalters in Bild 13 muß also die Batteriespannung zunächst die entgegengerichtete Selbstinduktionsspannung der Spule überwinden, bevor der volle Strom fließt und das Magnetfeld voll aufgebaut ist. Ist aber dieser Zustand erreicht, so ist die Selbstinduktionsspannung gleich Null, denn eine wichtige Voraussetzung für ihr Entstehen fehlt: das Magnetfeld ändert sich nicht mehr.

Bild 14 zeigt die Wirkung der Selbstinduktionsspannung beim Schließen des Schalters. Der Strom erreicht erst nach einer gewissen Zeit seinen Höchstwert, den sogenannten Ruhestrom. Da das Magnetfeld eine Wirkung des Stromes ist, wird dieselbe Zeit benötigt, um das Magnetfeld voll aufzubauen.

Wie sieht es nun aus, wenn wir den Schalter öffnen? Durch das Öffnen des Schalters in Bild 13 wird der Strom unterbrochen. Da der Strom eine Voraussetzung für das Vorhandensein eines Magnetfeldes ist, wird mit der Stromunterbrechung auch das Magnetfeld verschwinden, d. h. es baut sich ab. Genau wie beim Aufbau des Magnetfeldes sind jetzt beim Abbau alle Voraussetzungen für eine elektrische Induktion gegeben, denn wir haben ein sich veränderndes (abbauendes) Magnetfeld, dessen Kraftlinien einen Leiter (die eigene Spule) schneiden. Wir können also sagen, daß auch beim Abschalten eine Selbstinduktionsspannung entsteht. **Diese beim Abbau des Magnetfeldes entstehende Selbstinduktionsspannung ist der Batteriespannung gleichgerichtet.**

Die Selbstinduktionsspannung unterstützt jetzt also die Batteriespannung und erzeugt an den Kontakten des Schalters einen Lichtbogen (Funken). Dieser Lichtbogen ist nichts anderes als elektrischer Strom, der seinen Weg über den Luftspalt der bereits etwas geöffneten Schalterkontakte nimmt. Der Strom fließt nach dem Öffnen der Schalterkontakte also noch eine Zeitlang unter Bildung eines Lichtbogens weiter. Damit baut sich das Magnetfeld verzögernd ab. Bild 15 zeigt nochmals, wie sich beim Ein- und Ausschalten der Strom bei einer Induktivität (so nennt man auch Verbraucher, die Selbstinduktionsspannung erzeugen können) verhält.



15

Bild 15

Wirkung der Strominduktion

- 1 = Schalter ein
- 2 = Strom
- 3 = Ruhestrom
- 4 = Magnetfeld baut sich auf
- 5 = Schalter aus
- 6 = Magnetfeld baut sich ab
- 7 = Zeit

Die Selbstinduktion, darunter verstehen wir die in diesem Abschnitt geschilderte Erscheinung, wird auch oft mit der Massenträgheit verglichen. Einen Handwagen z. B. muß man zunächst kräftig schieben, bis er ins Rollen kommt und umgekehrt stark abbremsen, wenn wir den einmal rollenden Wagen zum Stehen bringen wollen. Die Selbstinduktion versucht also, wie die Massenträgheit auch, jede Zustandsänderung zu verhindern.

Für unsere weiteren Betrachtungen merken wir uns besonders:

- Selbstinduktionsspannungen entstehen in jeder Induktivität (Spule), wenn sich ein von ihr induziertes Magnetfeld verändert (Induktionsgesetz).
- Diese Selbstinduktionsspannungen sind immer so gerichtet, daß sie der jeweiligen Zustandsänderung entgegenwirken (Lenz'sche Regel).
- Die Größe der Selbstinduktionsspannung ist abhängig von der Schnelligkeit, mit der sich das Magnetfeld ändert, von der Windungszahl und dem Aufbau der Spule.

1.2.4 Der Transformator

Wir haben in Abschnitt 1.2.1 gesehen, daß durch Eintauchen eines Stabmagneten in eine Spule eine elektrische Spannung induziert wird. Den im Bild 12 gezeigten Stabmagneten können wir nun durch einen Elektromagneten ersetzen. Daraus entsteht die in Bild 16 angezeigte Anordnung. Der Elektromagnet wird gebildet aus dem Eisenkern und der sogenannten Primärspule. Die zweite Spule nennt man Sekundärspule. Wir wollen sehen, was wir mit diesem Transformator anfangen können. Wenn wir den im Bild 12 gezeigten Versuch genau wiederholen wollen, müssen wir bei geschlossenem Schalter den Eisenkern mit der Primärspule in die Sekundärspule eintauchen. Das von der Primärspule induzierte Magnetfeld schneidet dann dabei die Windungen der Sekundärspule, wodurch in dieser eine elektrische Spannung induziert wird. Der Vorgang ist dann derselbe wie unter 1.2.1 beschrieben.

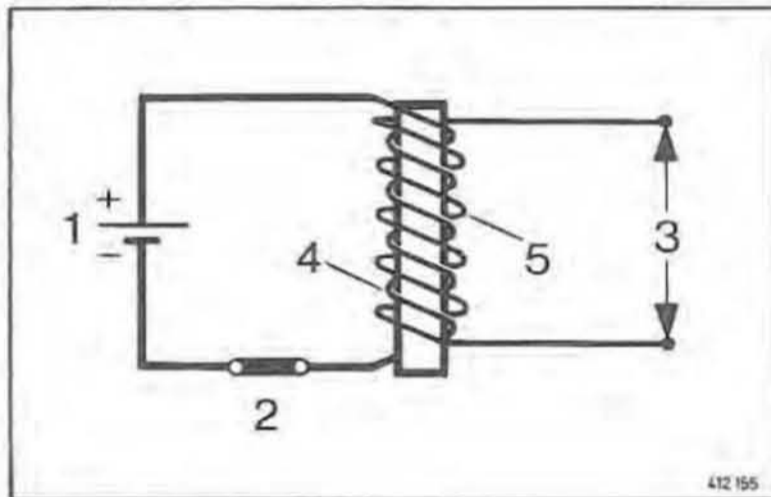


Bild 16

Prinzip eines Transformators

- 1 = Batterie
- 2 = Schalter
- 3 = Beim Ein- und Ausschalten wird eine Spannung induziert
- 4 = Primärspule
- 5 = Sekundärspule

Auf die Bewegung des Elektromagneten können wir aber verzichten, wenn wir dafür den Schalter ständig auf- und zumachen. Wird der Schalter geschlossen, baut sich ein Magnetfeld auf, wobei die Kraftlinien die Sekundärwindungen schneiden. In ihnen wird also während des Feldaufbaues eine Spannung induziert. Sie verschwindet, sobald der Feldaufbau beendet ist. Beim Öffnen des Schalters bricht das Magnetfeld zusammen (baut sich ab). Wieder schneiden die Kraftlinien die Sekundärwindungen und induzieren eine Spannung. Diesmal allerdings mit umgekehrter Polarität.

Zusammenfassend können wir also sagen: In unserem, in Bild 16 gezeigten Transformator wird in der Sekundärwicklung beim Öffnen und Schließen des Schalters eine Spannung induziert. In der Zwischenzeit, also wenn der Ruhestrom oder kein Strom fließt, passiert in der Sekundärwicklung nichts. Bild 17 veranschaulicht nochmals den gesamten Vorgang.

Wir merken uns besonders:

In der Sekundärspule eines Transformators wird immer nur dann eine elektrische Spannung induziert, wenn sich das von der Primärspule erzeugte Magnetfeld verändert. Die Größe dieser induzierten Sekundärspannung ist abhängig von der Stärke des Magnetfeldes, von der Schnelligkeit, mit der sich das Magnetfeld verändert, und von der Windungszahl der Sekundärspule.

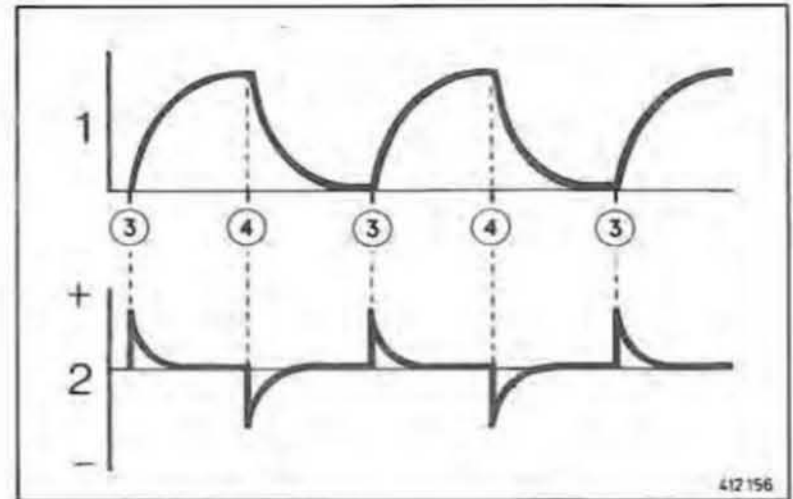


Bild 17

Vorgänge in der Primär- und Sekundärspule eines Transformators beim Ein- und Ausschalten des Stroms.

- 1 = Primärstrom
- 2 = Sekundärspannung
- ③ = Schalter ein
- ④ = Schalter aus

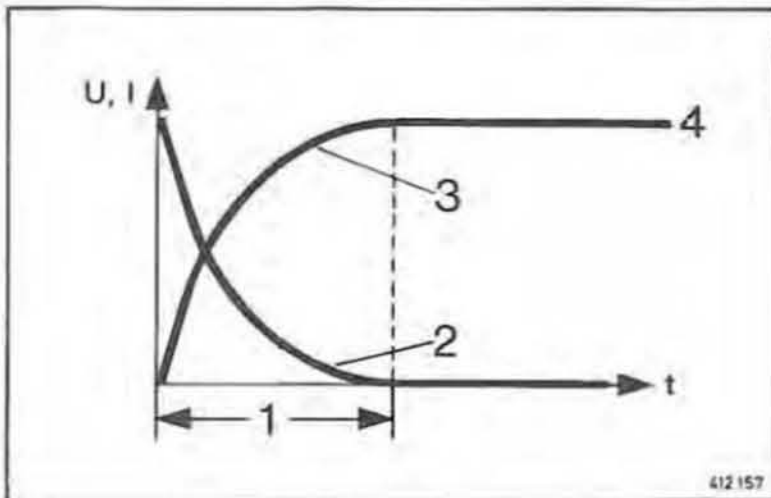
Die Zündspule ist im Prinzip ein Transformator, und der Schalter, den wir bis jetzt betätigt haben, wird im Fahrzeug durch den Unterbrecherkontakt im Zündverteiler dargestellt. Allerdings befriedigt uns die in Bild 16 gezeigte Anordnung als Batterie-zündanlage noch nicht. Wir bekommen beim Öffnen der Schalterkontakte ein starkes Feuern (Lichtbogen durch Selbstinduktion), wodurch die Kontakte in kurzer Zeit verbrennen würden. Hinzu kommt, daß die induzierte Sekundärspannung für einen Zündfunken nicht ausreicht, weil durch das Kontaktfeuer der Abbau des Magnetfeldes verlangsamt wird. Abhilfe schafft in diesem Fall ein Kondensator. Bevor wir einen solchen in unsere Schaltung einfügen, wollen wir uns über dessen Eigenschaften unterhalten.

16

17

1.2.5 Der Kondensator

Ein Kondensator besteht im Prinzip aus 2 voneinander isolierten leitenden Flächen bzw. Belägen. Die Eigenschaften eines Kondensators bestehen darin, daß er eine elektrische Ladung aufnehmen und speichern kann (Fassungsvermögen = Kapazität) und diese Ladung gegebenenfalls wieder abgibt. Im entladenen Zustand besteht zwischen den beiden Platten des Kondensators kein Spannungsunterschied. Nachdem der Schalter geschlossen wird, beginnt der Ladevorgang, und zwar mit sehr hohem Strom (Kurzschlußstrom), wobei die Spannung am Kondensator gleich Null ist. Mit zunehmender Aufladung steigt die Spannung am Kondensator an, während der Strom allmählich zurückgeht.



18

Bild 18

Strom- und Spannungslauf beim Laden eines Kondensators

- 1 = Aufladung
- 2 = Strom
- 3 = Spannung
- 4 = Batteriespannung erreicht – Kondensator ist voll

Von diesem Abschnitt merken wir uns besonders:

Ein Kondensator besteht aus 2 voneinander isolierten leitenden Flächen (auch 2 nebeneinander laufende Kabel bzw. ein Metallgegenstand gegen Erde können einen Kondensator bilden).

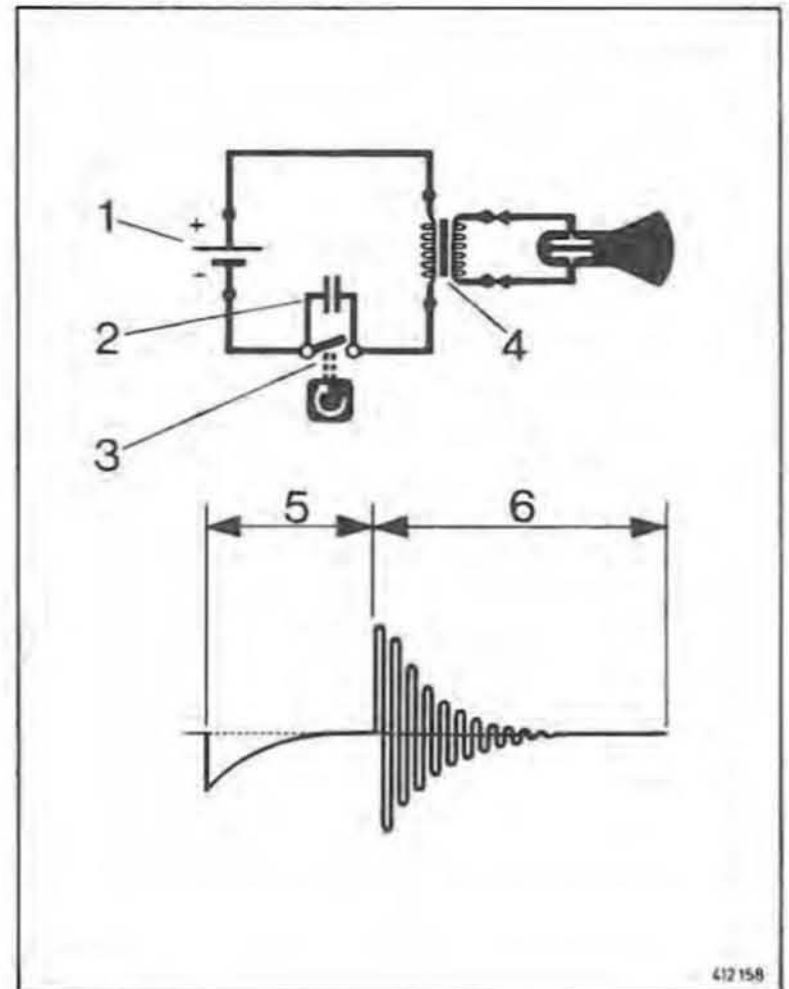
Bei der Ladung eines Kondensators besteht zwischen Strom und Spannung folgender Zusammenhang:

Ladungsbeginn:	Spannung – Null
	Strom – hoch
Ladungsende:	Spannung – hoch
	Strom – Null

Die Wirkung des Kondensators

Wie in Abschnitt 1.2.4 angekündigt, wollen wir jetzt einen Kondensator in unsere Schaltung einfügen, und zwar schalten wir ihn parallel zu den Unterbrecherkontakten (Bild 19). Zur Untersuchung der Vorgänge verwenden wir von nun ab ein Oszilloskop. Es wird in diesem Falle an die Sekundärwicklung angeschlossen und zeichnet alle Spannungen auf.

Wir beginnen unsere Betrachtungen in dem Moment, wo die Kontakte schließen. In der Sekundärwicklung entsteht ein (vereinfacht dargestellt) Impuls, über dessen Entstehung wir geschrieben haben (1.2.3). Solange die Kontakte geschlossen sind, ist der Kondensator außer Betrieb, weil die Kontakte ihn kurzschließen. Der Kondensator wird also erst wirksam, wenn die Unterbrecherkontakte öffnen. Wir erinnern uns, daß ohne Kondensator infolge der Selbstinduktionsspannung ein Lichtbogen entstand.



19

Bild 19

Prinzip der Batteriezündanlage und das Oszillogramm bei unbelasteter Zündspule

- 1 = Batterie
- 2 = Kondensator
- 3 = Unterbrecher
- 4 = Transformator (Zündspule)
- 5 = Kontakte geschlossen
- 6 = Kontakte geöffnet

Diese Selbstinduktionsspannung bewirkt jetzt eine Kondensator-Aufladung, von der wir wissen, daß sie mit der Spannung 0 und sehr hohem Strom beginnt (1.2.5). Da der Kondensator unmittelbar parallel zu den Kontakten liegt, ist also bei deren Öffnen die Selbstinduktionsspannung zunächst sehr niedrig, so daß sich nahezu kein Lichtbogen bilden kann. Dieser für die Kontakte schädliche Lichtbogen war ja weiterfließender Strom. Wir haben also mit dem Kondensator zweierlei erreicht:

Wir haben den Lichtbogen vermindert und dadurch eine schlagartige Stromunterbrechung an den Kontakten und damit ein schnelles Zusammenbrechen des Magnetfeldes erreicht.

Dieses schnelle Zusammenbrechen des Magnetfeldes hat zur Folge, daß in der Sekundärwicklung eine hohe Spannung induziert wird. (1.2.4). Aber auch die Selbstinduktionsspannung ist durch das schnelle Zusammenbrechen des Magnetfeldes größer geworden (1.2.3). Sie kann bis zu 400 V betragen. Auf diese Spannung wird also der Kondensator aufgeladen.

Wir müssen jetzt noch untersuchen, was mit dieser Kondensatorladung geschieht. Dazu wollen wir aber die Schaltung in Bild 19 vereinfachen, damit sie übersichtlicher wird. Der Schalter kann entfallen. Er ist in diesem Moment offen und daher unwirksam. Die Batterie kann ebenfalls entfallen; sie beeinflusst den nachfolgenden Vorgang auch nicht. Unsere vereinfachte Schaltung zeigt Bild 20. Wir hatten bis jetzt festgehalten, daß nach dem Öffnen der Unterbrecherkontakte der Kondensator durch die Selbstinduktion auf ca. 400 V aufgeladen wird.

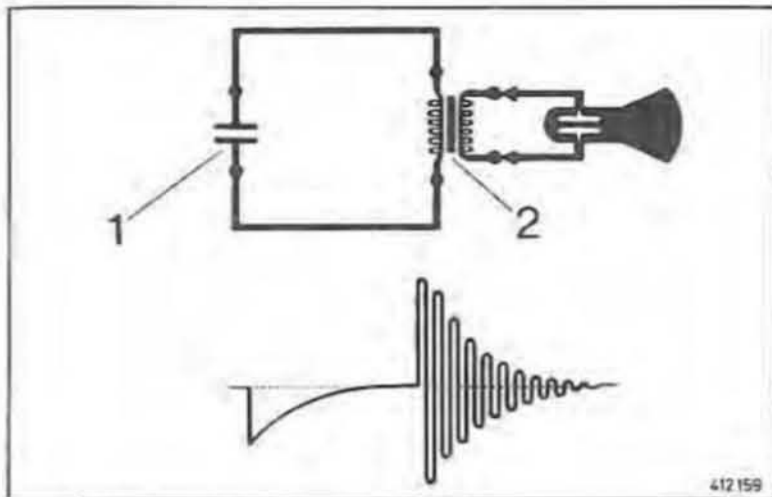


Bild 20

Vereinfachtes Schaltbild

1 = Kondensator

2 = Transformator (Zündspule)

Nachdem das Magnetfeld vollkommen abgebaut ist, entfällt die Selbstinduktion, und die Aufladung des Kondensators ist beendet. Dieser behält nun seine Ladung nicht, sondern entlädt sich über die Primärwicklung. Der dabei fließende Entladestrom hat die umgekehrte Richtung wie der vorhergehende Ladestrom. Durch die Entladung des Kondensators wird in der Primärwicklung wieder ein Magnetfeld aufgebaut, allerdings, wegen der umgekehrten Stromrichtung, mit umgekehrter Polarität. Nach beendeter Kondensator-Entladung bricht auch dieses Magnetfeld wieder zusammen, und wieder wird eine Selbstinduktionsspannung induziert, die zur abermaligen Kondensator-Aufladung führt, allerdings auch mit anderer Polarität als bei der ersten Aufladung. Nachdem das Magnetfeld wieder abgebaut ist, ist auch die Kondensator-Aufladung beendet, so daß sich dieser wieder über die Primärwicklung entlädt usw. Wir haben also nach dem Öffnen der Unterbrecherkontakte einen Schwingungsvorgang, bei dem sich, kurz zusammengefaßt, folgendes abspielt:

- Magnetfeld bricht zusammen, dabei Kondensator-Aufladung durch Selbstinduktion.
- Kondensator-Entladung, dabei Aufbau eines Magnetfeldes.
- Magnetfeld bricht zusammen, dabei Kondensator-Aufladung durch Selbstinduktion usw.

Man könnte nun meinen, daß diese ständige Umwandlung elektrische Energie – magnetische Energie – elektrische Energie usw. immer so weiterginge. Aus unserem Oszillogramm in Bild 20 entnehmen wir jedoch, daß der Schwingungsvorgang immer schwächer wird und bald ausklingt, da bei jeder Umwandlung etwas Energie verlorengeht.

Man vergleicht diesen Schwingungsvorgang (wenn Spule und Kondensator in dieser Weise zusammenwirken, spricht man von einem Schwingkreis) auch mit einem mechanischen Beispiel, und zwar mit einem Pendel. Einmal angestoßen, pendelt es einige Male hin und her. Daß es dann nicht immer weiterpendelt, liegt daran, daß auch hier bei der ständigen Umwandlung Lageenergie – Bewegungsenergie – Lageenergie – usw. Verluste entstehen (Reibungswiderstand am Drehpunkt usw.).

Zwei Ausdrücke, die bei der Erklärung elektrischer Schwingungen gebraucht werden, wollen wir uns merken:

Frequenz = die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde,
Amplitude = die Größe der Schwingungen.

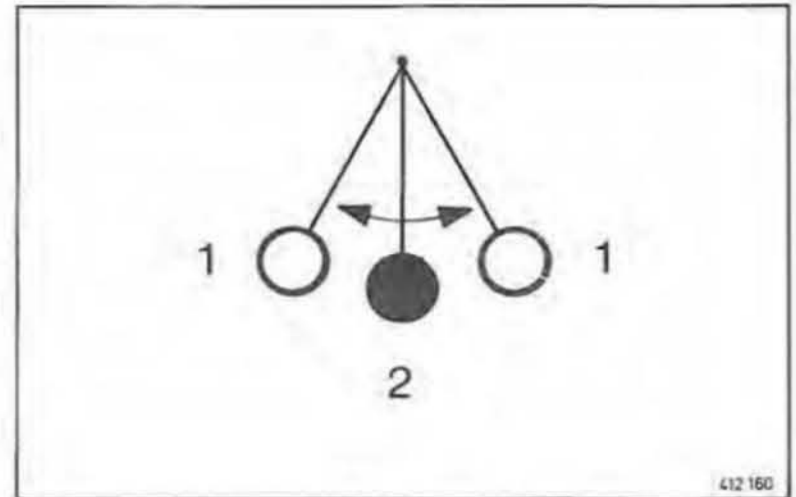


Bild 21

Pendel als vergleichendes Beispiel für einen Schwingungskreis.

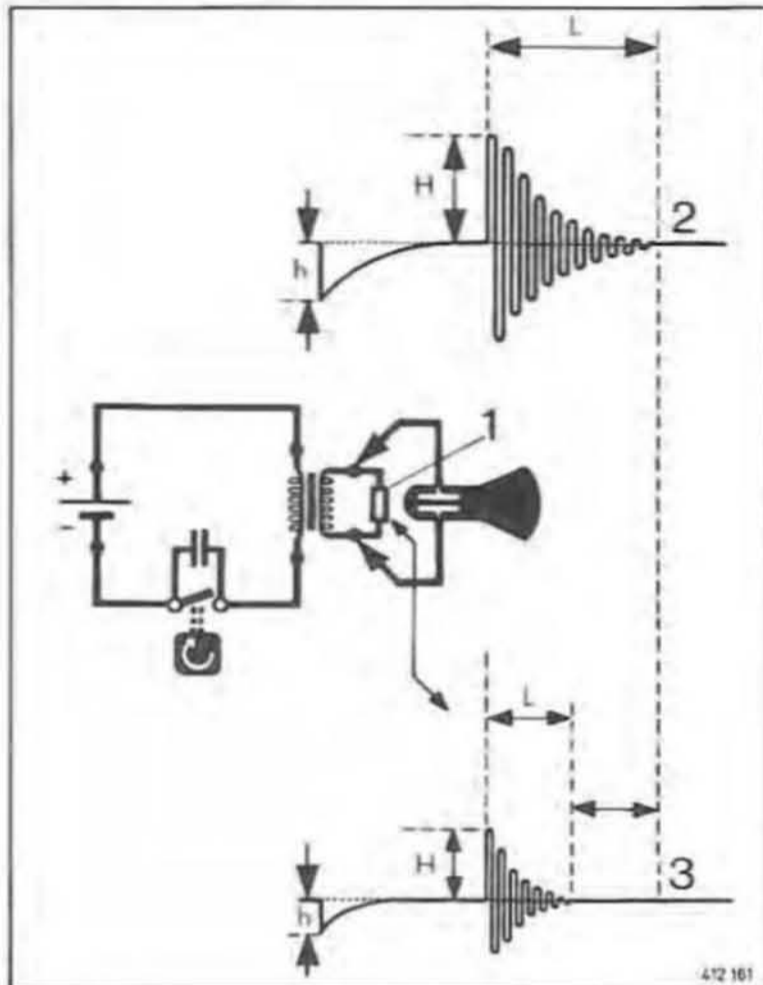
1 = Lageenergie: elektrische Energie

2 = Bewegungsenergie: magnetische Energie

Diese geschilderten Schwingungsvorgänge im Primärstromkreis werden natürlich auch in die Sekundärwicklung hinübertransformiert. Diese Tatsache haben wir ja schon vorausgesetzt, denn wir haben in Bild 19/20 unser Oszilloskop an die Sekundärwicklung angeschlossen und sehen so an der Sekundärspannung den zeitlichen Ablauf der Primärschwingungen.

1.2.6 Die zusätzliche Dämpfung

Bis jetzt haben wir in der Sekundärwicklung unseres Transformators nur die Spannung betrachtet. Diese Spannung treibt natürlich auch einen entsprechenden Strom, wenn wir an die Sekundärwicklung einen Verbraucher anschließen (Bild 22). Dabei ändert sich einiges, über das wir uns noch klar werden wollen.



22

Bild 22

Sekundärstrom wird belastet

1 = Verbraucher

2 = ohne Belastung

3 = mit Belastung

Bild 22 zeigt 2 Oszillogramme. Das erste kennen wir bereits aus Bild 19/20. Es zeigt die Sekundärspannung bei unbelasteter Sekundärspule. Das zweite zeigt die Sekundärspannung bei Belastung. Beim Vergleich beider Oszillogramme in Bild 22 stellen wir fest, daß bei Belastung des Sekundärstromkreises die Amplituden ($h+H$) von vornherein kleiner sind und daß der Schwingungsvorgang schneller ausklingt. Durch die Belastung tritt eine zusätzliche Dämpfung ein.

Wenn 2 Oszillogramme voneinander abweichen, wie z. B. in Bild 22, so müssen auch abweichende Bedingungen vorliegen. In diesem Falle ist hinzugekommen, daß die Sekundärspannung durch den angeschlossenen Verbraucher einen Strom treibt. Dieser Strom fließt auch in der Sekundärwicklung und erzeugt deshalb auch ein Magnetfeld. Dieses von dem Sekundärstrom erzeugte Magnetfeld ist dem Primär-Magnetfeld entgegengerichtet, so daß sich die beiden Magnetfelder gegenseitig schwächen und der Primärschwingungsvorgang gedämpft wird.

Die Frequenz hat sich mit der Belastung kaum geändert.

Wir merken uns:

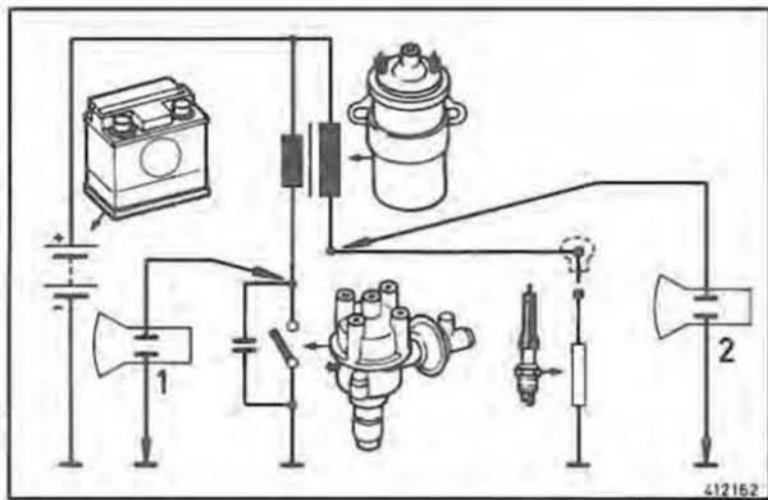
Ein Verbraucher wirkt im Schwingkreis als zusätzliche Dämpfung.

2. Beschreibung der Zündanlagen und Aufbau des Normaloszillogrammes

Mit den bisher gewonnenen Kenntnissen wollen wir nun die Vorgänge in den einzelnen Zündanlagen untersuchen. Wir beginnen mit der kontaktgesteuerten Spulenzündung.

An diesem Zündsystem, das trotz neuer elektronischer Systeme immer noch oft in unseren Kraftfahrzeugen anzutreffen ist, wollen wir gleichzeitig noch einige grundsätzliche Begriffe erläutern, die für die Prüfung der Zündanlage wichtig sind.

2.1 Aufbau der kontaktgesteuerten Spulenzündung (SZ)

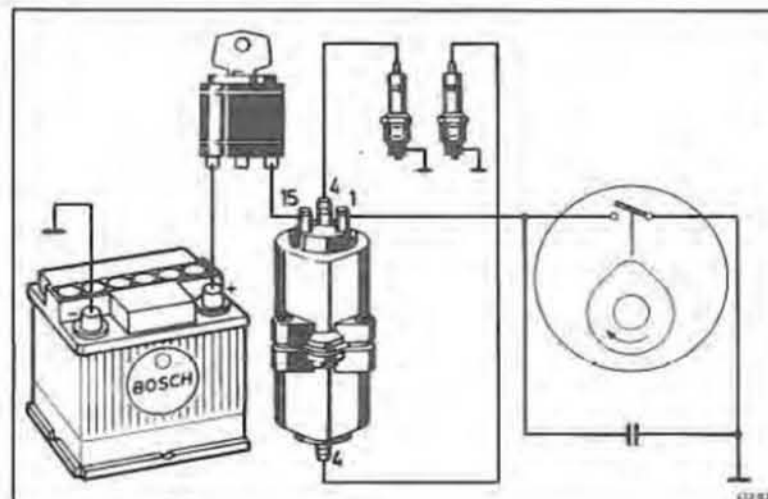


23

Bild 23 zeigt Ihnen die einzelnen Bauelemente und das Schaltbild einer derartigen Zündanlage. Gegenüber den Schaltbildern, die wir bei der Erläuterung der Grundlagen in Kapitel 1.2 verwendet haben, zeigt diese Schaltung geringfügige Änderungen: die Rückleitung des Stromes erfolgt allgemein im Kraftfahrzeug über die Metallteile des Fahrzeugs selbst (Masse), und die Sekundärwicklung der Zündspule ist mit einem Ende mit der Primärwicklung verbunden. Beides wird in erster Linie aus Kostengründen so gemacht. Die bisher geschilderten Vorgänge werden davon nur unwesentlich beeinflusst. In Bild 23 wird außerdem erläutert, an welchen Punkten das Oszilloskop prinzipiell angeschlossen werden muß, um das Primär- (1) und Sekundärbild (2) zu bekommen.

Von dieser konventionellen Spulenzündung gibt es eine Reihe von Sonderausführungen, auf die hier noch kurz eingegangen werden soll.

Spulenzündung mit Doppelzündspule.

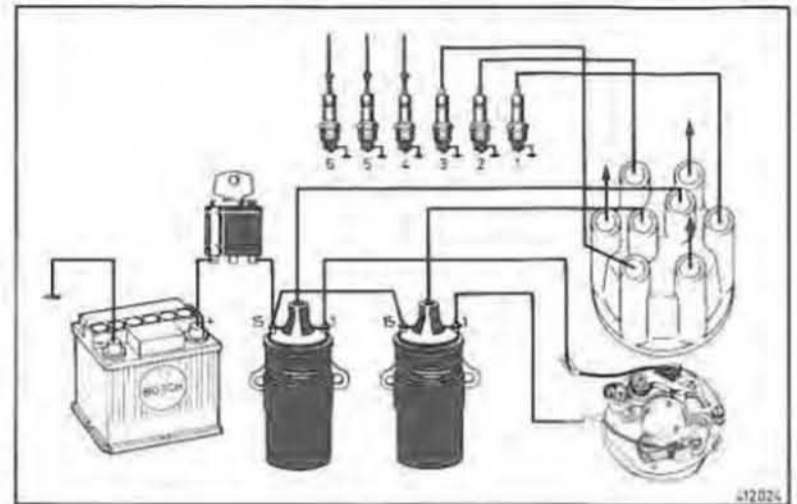


24

Bei Zweizylinder-Motoren (2 CV, Motorräder) wird häufig eine sogenannte Doppelzündspule verwendet, die beide Zündkerzen gleichzeitig mit Zündspannung versorgt. Man spart dadurch den Verteiler. Die Prinzipschaltung zeigt Bild 24.

Beide Zündkerzen zünden immer gleichzeitig. Wenn die Kerze des einen Zylinders z. B. das Gemisch zündet, zündet die Kerze des anderen Zylinders in den Auspufftakt. Bei der nächsten Motorumdrehung ist es umgekehrt.

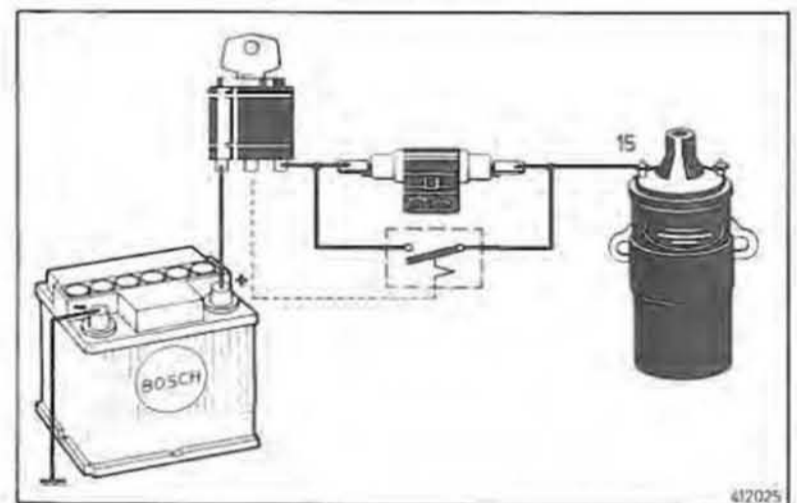
Spulenzündung mit mehreren Zündspulen bzw. Unterbrechern



25

Um auch bei hochdrehenden 6- oder 8-Zylinder-Motoren einen aussetzerfreien Zündbetrieb zu gewährleisten, hat man früher häufig 2 Zündspulen und 2 Unterbrecher eingesetzt, die jeweils auf die Hälfte der Zylinder arbeiten (siehe Bild 25) oder 2 parallel geschaltete Unterbrecherkontakte an einer Zündspule. Heute werden in diesen Fällen meist elektronische Zündanlagen eingesetzt.

Konventionelle Spulenzündung mit Vorwiderständen



26

Beim Schließen des Unterbrecherkontakts erreicht der Primärstrom seinen Maximalwert auf Grund des Induktionsgesetzes erst nach einer gewissen Zeit. Bei hochdrehenden Motoren ist es wichtig, daß diese Zeit so kurz wie möglich ist, damit auch im oberen Drehzahlbereich noch ausreichend Zündenergie zur Verfügung steht.

Voraussetzung dafür sind Zündspulen mit kleiner Induktivität und großem Primärstrom. Man verkleinert deshalb bei Hochleistungszündspulen durch wenige Windungen dicken Kupferdrahts den Widerstand und die Induktivität.

Um dabei aber die Zündspule thermisch nicht zu überlasten, ist ein Vorwiderstand notwendig, der den Primärstrom auf einen tragbaren Wert begrenzt.

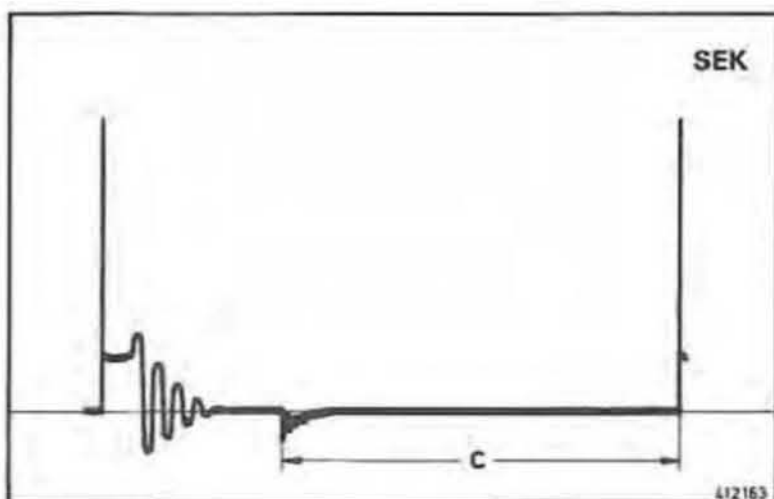
Der Vorwiderstand kann beim Starten überbrückt werden. Dadurch wird erreicht, daß trotz absinkender Batteriespannung ein ausreichend hoher Primärstrom fließt und beim Starten genügend Zündenergie zur Verfügung steht (siehe Bild 26).

Wir wollen nun jede Phase des Zündablaufs erläutern und gleichzeitig das Normaloszillogramm entwickeln. Wir unterscheiden in den folgenden Abschnitten immer zwischen Primär- und Sekundär-Oszillogramm, wobei wir das letztere wegen seiner häufigeren Anwendung voranstellen. Die Normaloszillogramme beziehen sich auf fernenstörte Zündanlagen mit Zündverteiler. Dies gilt auch für die in den weiteren Kapiteln beschriebener Zündsysteme. Kleinere Abweichungen von diesen Oszillogrammen sind möglich. Die Grundcharakteristik bleibt jedoch erhalten. Die genaue Kenntnis der Normaloszillogramme für die einzelnen Zündsysteme ist entscheidend für den fachgerechten Einsatz des Oszilloskops und die Beurteilung auftretender Fehlerbilder.

2.2 Die charakteristischen Merkmale des Normaloszillogramms

2.2.1 Der Schließabschnitt

Unter Schließabschnitt verstehen wir die Strecke des Oszillogramms, über die der Unterbrecherkontakt geschlossen ist.



27

Bild 27

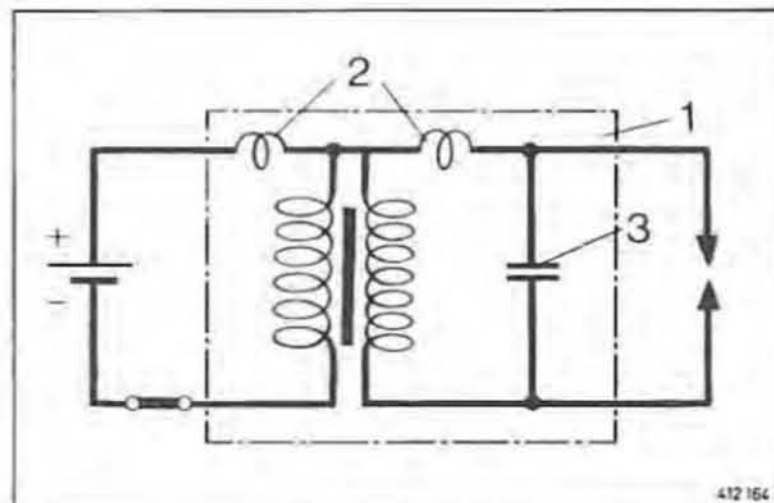
Sekundärbild:

c = Schließabschnitt

Nach dem Schließen der Kontakte wird während des Magnetfeld-Aufbaues in der Sekundärwicklung eine Spannung induziert. Der Spannungsverlauf hat zwar im wesentlichen die in Bild 22 gezeigte Form, ist aber noch zusätzlich mit kleinen Schwingungen überlagert.

Diese Schwingung entsteht durch einen aus der Sekundärkapazität und der sogenannten Streuinduktivität gebildeten Schwingkreis. Sie entsteht sofort nach dem Schließen der Kontakte und klingt rasch ab.

Hätte man „verlustlose“ Zündspulen (d. h. keine magnetischen Verluste und auch keine Sekundärkapazität), so könnten gar keine Schwingungen entstehen. Bild 28 zeigt das „Ersatzschaltbild“, in dem diese „Verluste“ als kleine Spulen bzw. Sekundärkapazität eingezeichnet sind.



28

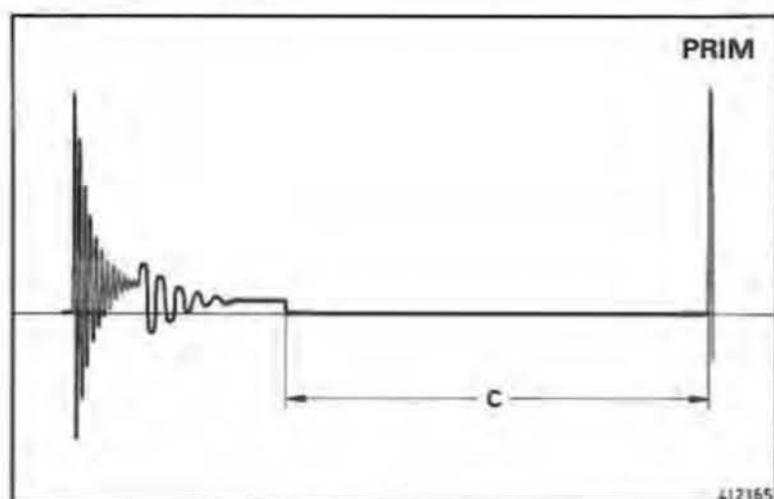
Bild 28

Ersatzschaltbild einer Batteriezündanlage mit eingezeichneter Sekundärkapazität und Streuinduktivität.

1 = Zündspule

2 = magnetische Verluste

3 = Sekundärkapazität



29

Bild 29

Primärbild:

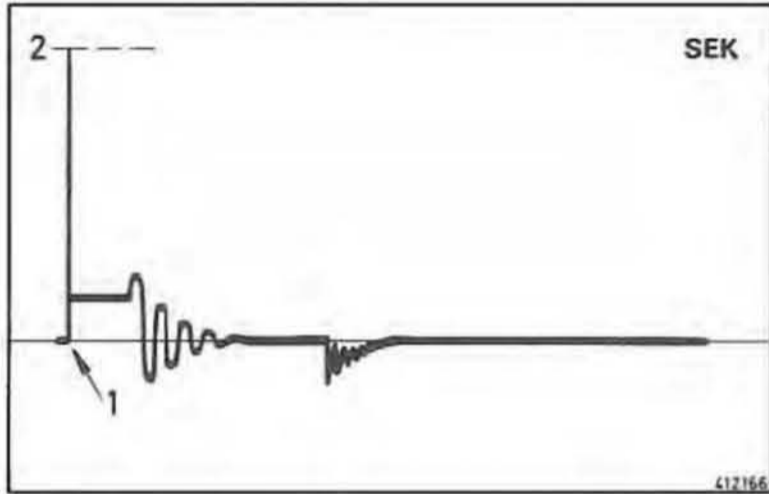
c = Schließabschnitt

Im **Schließabschnitt** läuft der Elektronenstrahl auf der Nulllinie, weil die Unterbrecherkontakte geschlossen sind und der Oszillograf keine Spannung bekommt.

Wie groß der Schließwinkel des Schließabschnitts ist, kann auf der horizontalen Schließwinkelskala des Bildschirms gemessen werden. Natürlich nicht mit der Genauigkeit, die mit den häufig zusätzlich zum Oszilloskop gehörenden Schließwinkel-Meßinstrumenten oder mit separaten modernen Schließwinkel-Meßgeräten möglich ist.

2.2.2 Die Zündspannung

Was passiert, wenn die Unterbrecherkontakte öffnen, wissen wir bereits. Mit Hilfe des Kondensators bricht das Magnetfeld schlagartig zusammen, und in der Sekundärwicklung entsteht ein Hochspannungsimpuls. Unser an die Sekundärwicklung angeschlossener Stromverbraucher ist die Zündkerze. Sie ist im Prinzip eine Funkenstrecke, an der der Funke überspringen soll. Diese Funkenstrecke ist zunächst elektrisch nicht leitend, so daß die Sekundärwicklung im ersten Augenblick nicht belastet ist und die Sekundärspannung hoch ansteigt. Die Sekundärspannung steigt so weit an, bis sie ausreicht, einen Funkenüberschlag zu ermöglichen. Erst jetzt fließt ein Strom (Zündfunke), und die Sekundärspannung geht infolge dieser (Strom-)Belastung zurück.



30

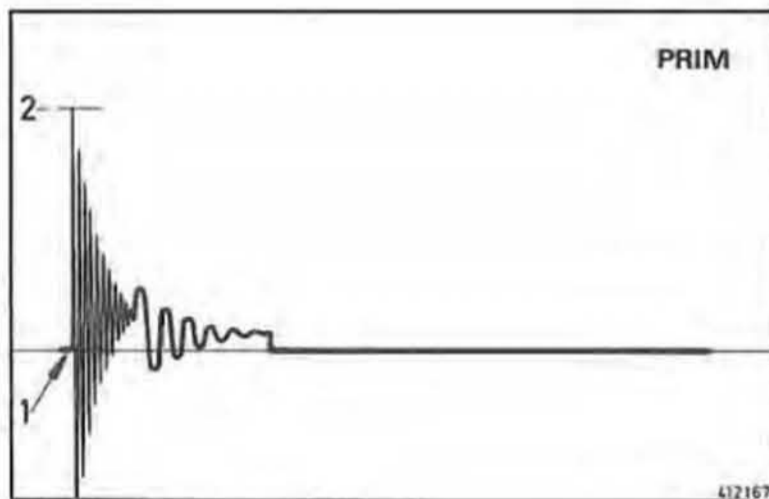
Bild 30

Sekundärbild:

- 1 = Unterbrecher öffnet
- 2 = Zündspannung

Die maximale Sekundärspannung vor dem Funkenüberschlag, die im Oszillogramm als senkrechte Nadel zu sehen ist, nennt man **Zündspannung**. Sie ist von vielen Faktoren abhängig, wie Elektrodenabstand der Kerzen, Kompression, Gemischbildung, Zustand der Zündanlage usw. Siehe auch die Tabelle in Abschnitt 5.3.1.1.

Die Zündspannungen aller Zylinder sollten annähernd gleich sein.



31

Bild 31

Primärbild:

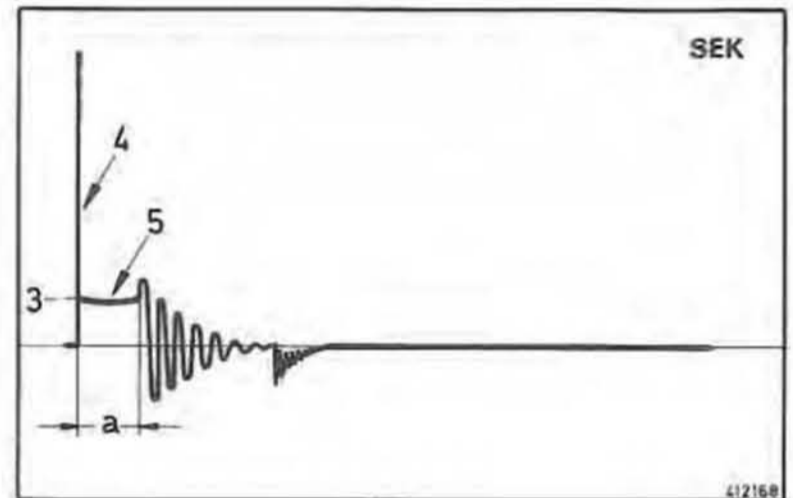
- 1 = Unterbrecher öffnet
- 2 = Primärspannung

Der erste Impuls der Primär-Selbstinduktionsspannung nach dem Öffnen der Unterbrecherkontakte ist ebenfalls sehr groß, weil in diesem ersten Augenblick noch kein Zündfunke vorhanden ist und deshalb auch noch keine zusätzliche Dämpfung eintritt.

Nach dem ersten großen Impuls der Selbstinduktionsspannung bewirkt der Zündfunke eine so starke Dämpfung des Primärschwingkreises, daß die Primärschwingungen schnell abklingen.

2.2.3 Der Zündfunke

Nach dem Erreichen der **Zündspannung** wird die Funkenstrecke der Kerze plötzlich elektrisch leitend, und der Zündfunke setzt ein. Zum Aufrechterhalten des Zündfunkens (**Funkendauer**) ist eine wesentlich geringere Spannung notwendig.



32

Bild 32

Sekundärbild:

- a = Funkendauer
- 3 = Brennspannung
- 4 = Zündspannungsnadel
- 5 = Brennspannungslinie

Im Sekundärbild erscheint der Zündfunke nach der **Zündspannungsnadel** als nahezu waagrechte Linie, die bei genauem Hinsehen von kurzen, kleinen Impulsen überlagert wird (**Brennspannungslinie**). Der Abstand dieser Linie zur Nulllinie der Bildschirmskala ist ein Maß für die Spannung während des Funkenüberschlages. Man nennt diese Spannung auch **Brennspannung**.

2.2.4 Der Ausschwingvorgang

Reicht die Energie der Zündspule nicht mehr aus, um den Zündfunken aufrechtzuerhalten, so reißt dieser ab. Nach Verlöschen des Zündfunken bewirkt die in der Zündspule verbleibende Restenergie den **Ausschwingvorgang**, d. h. ein Ausschwingen des Schwingkreises.

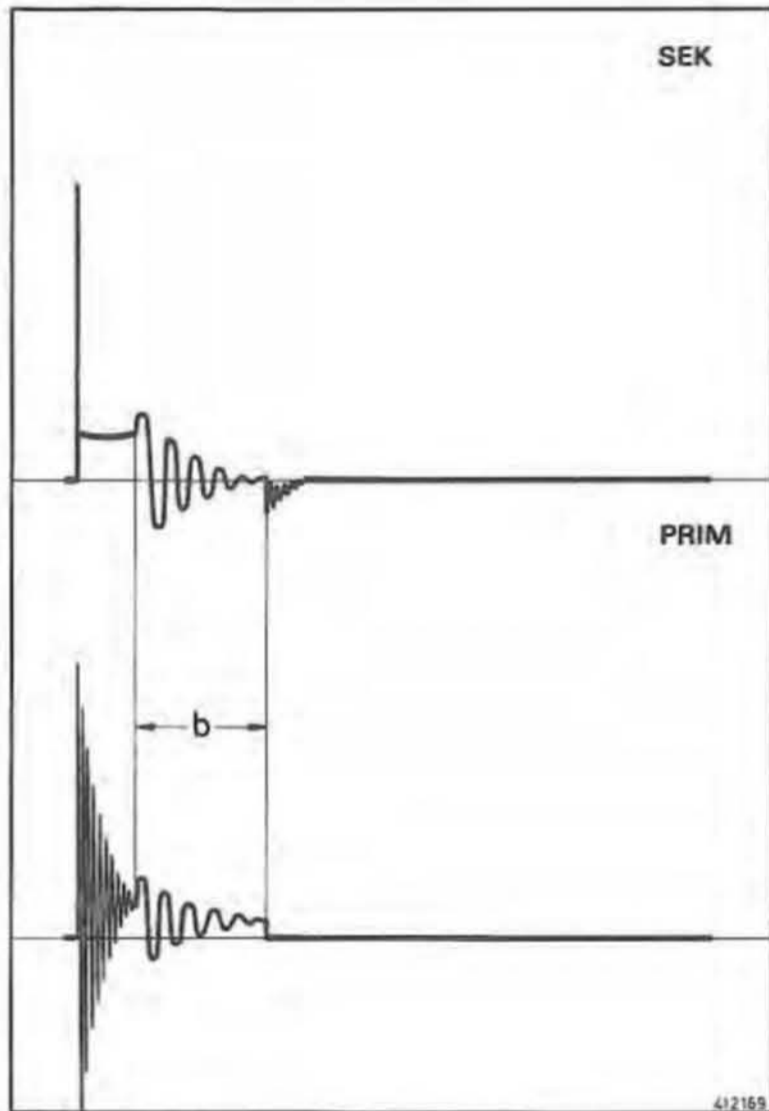


Bild 33
Sekundärbild/Primärbild:
b = Ausschwingvorgang

33

2.3 Aufbau der Transistor-Spulenzündung (TSZ)

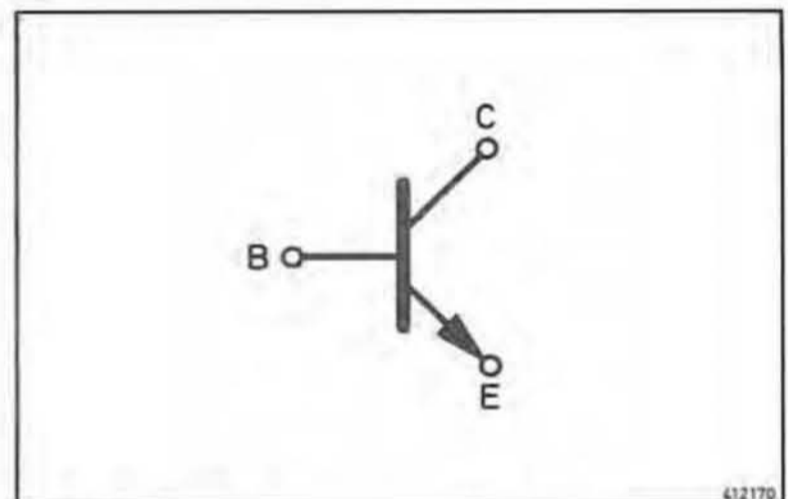
2.3.1 Allgemeines

Zündenergie und Hochspannung der herkömmlichen Spulenzündung sind durch die elektrische und mechanische Schaltleistung des Unterbrechers begrenzt.

Das Problem dabei ist, auch innerhalb sehr kurzer Zeit ein ausreichend starkes Magnetfeld aufzubauen, d. h. einen entsprechend großen Primärstrom durch die Primärspule des Transformators zu schicken. Bei modernen Hochleistungszündspulen ist man dabei der Schaltstromgrenze des Unterbrecherkontakts ziemlich nahe gekommen.

Um noch höhere Primärströme schalten zu können, muß der Unterbrecherkontakt durch ein Schaltelement mit größerem Schaltvermögen ersetzt werden. Hier hat die moderne Halbleitertechnik neue Möglichkeiten eröffnet. Ein Transistor kann wesentlich größere Ströme schalten als ein Unterbrecherkontakt und zwar ohne Abnutzung, da er keinerlei mechanisch bewegte Teile hat. Wesentliches Merkmal einer Transistorzündung (TSZ) ist also, daß der Primärstrom der Zündspule nicht mehr vom Unterbrecherkontakt, sondern von einem Transistor geschaltet wird.

2.3.2 Der Transistor



34

Bild 34 zeigt das Schaltsymbol eines Silizium-Transistors, wie er heute üblicherweise in Zündanlagen eingesetzt wird.

Im Gegensatz zu einem Schaltkontakt hat er 3 Anschlüsse:

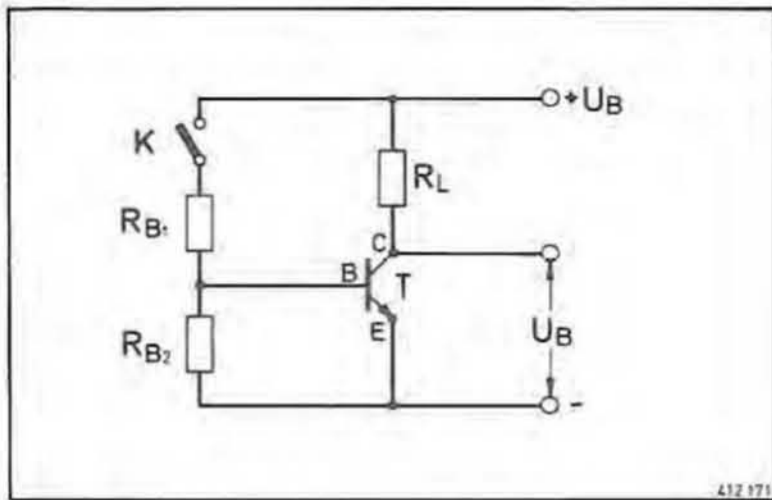
- den Kollektor C und
- den Emitter E über die der eigentliche Laststrom fließt und die mit den beiden Anschlüssen eines Schaltkontakts verglichen werden können,
- die Basis B, über die der Transistor gesteuert wird

Wird der Transistor als Schalter eingesetzt, gibt es genauso wie bei einem Kontakt die beiden Schaltstellungen „Ein“ und „Aus“. Die prinzipielle Funktion soll anhand der Bilder 35 und 36 erläutert werden.

Hinweis!

Im Gegensatz zum normalen Unterbrecherkontakt liegt der Steuerkontakt K in allen Schaltbildern dieses Kapitels nicht an Masse, sondern an Batterie-Plus. Der Grund dafür ist, daß wir diese prinzipiellen Schaltbilder so übersichtlich wie möglich halten wollen.

Für die grundsätzliche Beschreibung der Funktion einer Transistor-Spulenzündung ist die Lage des Steuerkontaktes letzten Endes ohne Bedeutung. Selbstverständlich haben wir dann bei der detaillierten Beschreibung der einzelnen Transistor-Zündanlagen die Schaltbilder so gezeichnet, wie sie dann auch in Wirklichkeit ausgeführt sind.



35

Bild 35

Funktion = „Aus“

- T = Transistor
- R_L = Lastwiderstand
- R_{B1} = Basiswiderstände
- R_{B2}
- K = Steuerkontakt
- U_B = Batteriespannung

Ist der Steuerkontakt offen, so liegt die Basis des Transistors über den Basiswiderstand R_{B2} wie der Emitter auf Masse.

Es kann kein Steuerstrom in den Transistor hinein von der Basis zum Emitter fließen, der Transistor ist elektrisch nicht leitend, er entspricht dem geöffneten Schalter. Zwischen Kollektor und Emitter liegt die volle Batteriespannung, durch die Last R_L fließt kein Strom.

Wir können den Transistor hier mit einem Ventil vergleichen, das in einer Druckleitung liegt und geschlossen den ganzen Druck (= Spannung) aufnehmen muß.

Allerdings wird die Spannung zwischen Kollektor und Emitter nicht wie bei einem geschlossenen Kontakt praktisch gleich 0 Volt, sondern es bleibt eine sogenannte Restspannung stehen, die im Prinzip des Transistors begründet ist und je nach Transistortyp und Schaltungsauslegung ungefähr bei 0,5–2 Volt liegt.

Zum besseren Verständnis können wir wieder unser Ventil als Beispiel nehmen, diesmal ist es aufgedreht.

Die rasch durchfließende Flüssigkeit führt auch hier zu Strömungsverlusten durch Wirbel, Reibung usw.

Wir erhalten am durchströmten Ventil einen Druckabfall, vergleichbar der Sättigungsspannung am leitenden Transistor.

Das Entscheidende bei dieser Schaltung ist nun, daß der Steuerstrom wesentlich kleiner sein kann als der Laststrom, abhängig von der Stromverstärkung des Transistors.

$$\text{Stromverstärkung} = \frac{\text{Laststrom } I_L}{\text{Steuerstrom } I_{ST}}$$

Beträgt die Stromverstärkung z. B. 20, ein Wert, der bei einem Leistungstransistor durchaus üblich ist, so fließt damit über den Steuerkontakt nur noch 1/20 des Laststroms, d. h. bei 10A Laststrom fließt nur noch 0,5A Steuerstrom.

Und genau diesen Vorteil nützt man nun bei der Transistorzündung aus. Ersetzt man die Last R_L durch die Primärwicklung einer Zündspule, so haben wir schon das Grundprinzip einer kontaktgesteuerten Transistorzündung.

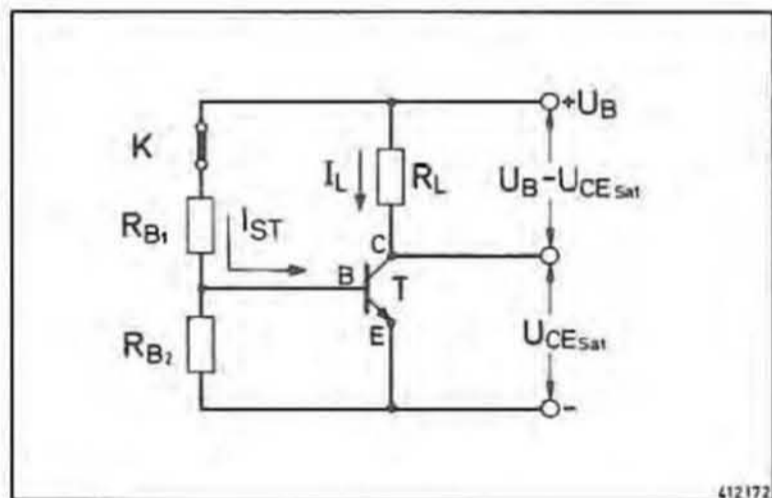
Da der Primärstrom nun nicht mehr von einem Kontakt geschaltet wird, tritt auch kein Kontaktfeuer mehr auf. Der Zündkondensator kann entfallen und wir erhalten trotzdem eine schlagartige Unterbrechung des Primärstroms mit entsprechend hoher Selbstinduktionsspannung.

Allerdings kann ein Transistor keine beliebig hohen Spannungen zwischen Kollektor und Emitter vertragen. Er muß deshalb gegenüber einer zu hohen Selbstinduktionsspannung geschützt werden, wie sie bei einem schlagartigen Unterbrechen des Primärstromes entsteht.

Wir müssen deshalb die Selbstinduktionsspannung auf eine für den Transistor unschädliche Höhe begrenzen.

Darüber hinaus verträgt der Transistor auch keine negativen Spannungen am Kollektor. Auch davor muß der Transistor geschützt werden.

Aus diesen Gründen erhält er eine zusätzliche Schutzbeschaltung, deren wesentlichstes Bauelement eine Zenerdiode ist.



36

Bild 36

Funktion „Ein“

- $U_{CE\ sat}$ = Restspannung oder Sättigungsspannung
- I_L = Laststrom
- I_{ST} = Steuerstrom

Nur wenn der Steuerkontakt geschlossen ist, kann ein Steuerstrom I_{ST} über den Basiswiderstand R_{B1} von der Basis des Transistors zum Emitter fließen. Siehe Bild 36.

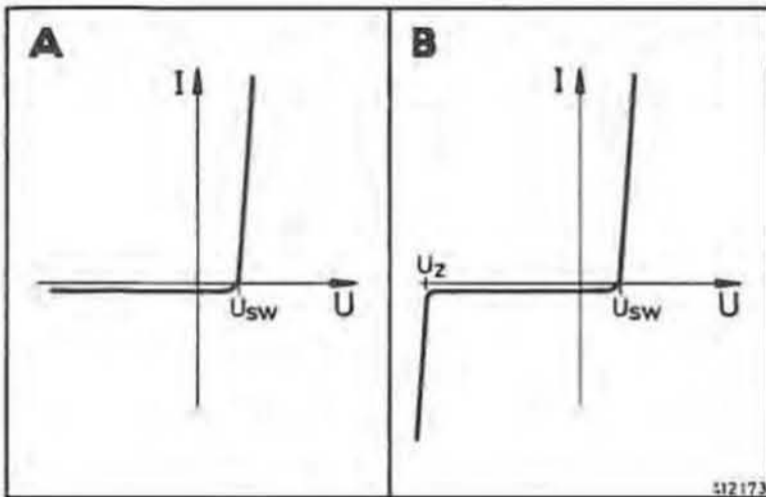
Der Transistor wird zwischen Kollektor und Emitter leitend, er entspricht dem geschlossenen Schalter. Die Batteriespannung liegt jetzt an der Last R_L und es kann ein Laststrom I_L fließen.

2.3.3 Die Zenerdiode

Die Zenerdiode ist ebenso wie der Transistor ein Halbleiter-Bauelement. Sie hat eine Eigenschaft, die man speziell zur Spannungsbegrenzung ausnützen kann:

Während bei einer normalen Diode nur in Durchlaßrichtung Strom fließt, kann bei der Zenerdiode auch in Sperrichtung Strom fließen, jedoch nur, wenn ein ganz bestimmter Spannungswert, die sogenannte Zenerspannung überschritten wird (siehe Bild 38).

Wir können eine Zenerdiode vergleichen mit einem Überdruckventil, das auch bei einem ganz bestimmten Druck öffnet und dafür sorgt, daß kein gefährlicher Überdruck (= Überspannung) entsteht.



37

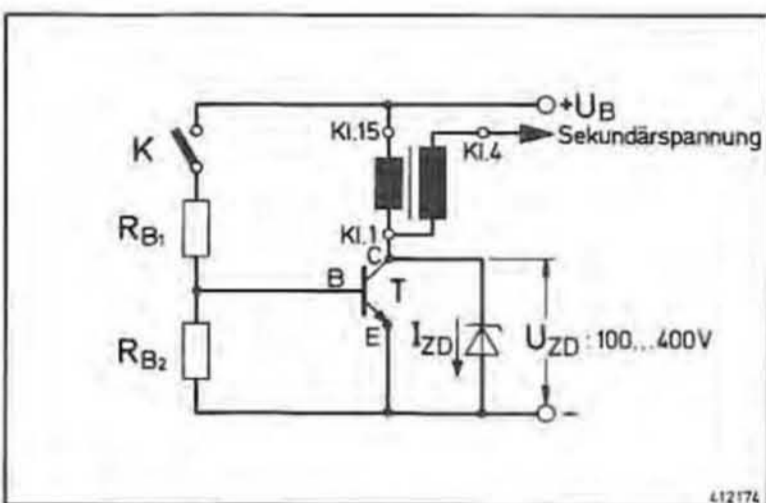
Bild 37

A = Kennlinie einer normalen Diode

B = Kennlinie einer Zenerdiode

2.3.4 Die Schutzbeschaltung des Transistors

Diese Eigenschaft der Zenerdiode nützt man nun zum Begrenzen der Selbstinduktionsspannung in Transistorzündungen aus (Bild 38).



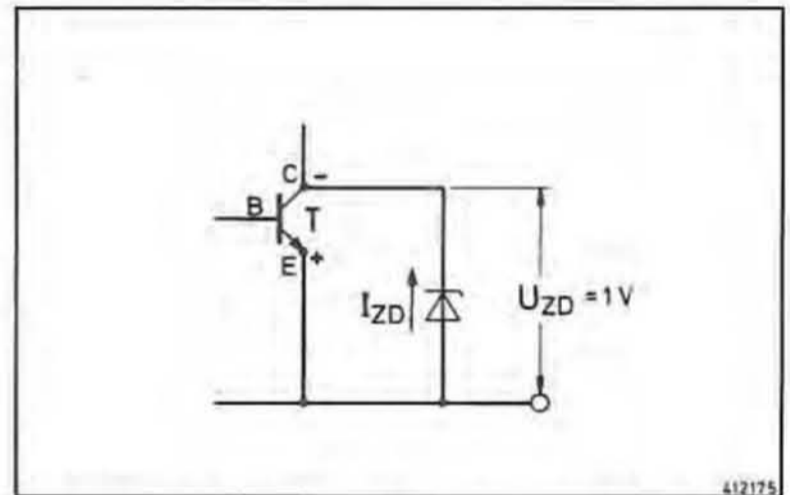
38

Unterbricht der Kontakt K den Steuerstrom, so wird der Transistor gesperrt, damit wird der Primärstrom unterbrochen und in der Primärwicklung die Selbstinduktionsspannung induziert. Überschreitet die Selbstinduktionsspannung der Primärwicklung die Zenerspannung der Zenerdiode ZD, so fließt ein Zenerstrom I_{ZD} zur Masse bis die Selbstinduktionsspannung die Zenerspannung wieder unterschreitet.

Das Überdruckventil (Zenerdiode) läßt also so lange Dampf ab, bis der gefährliche Überdruck (Selbstinduktionsspannung) abgebaut ist.

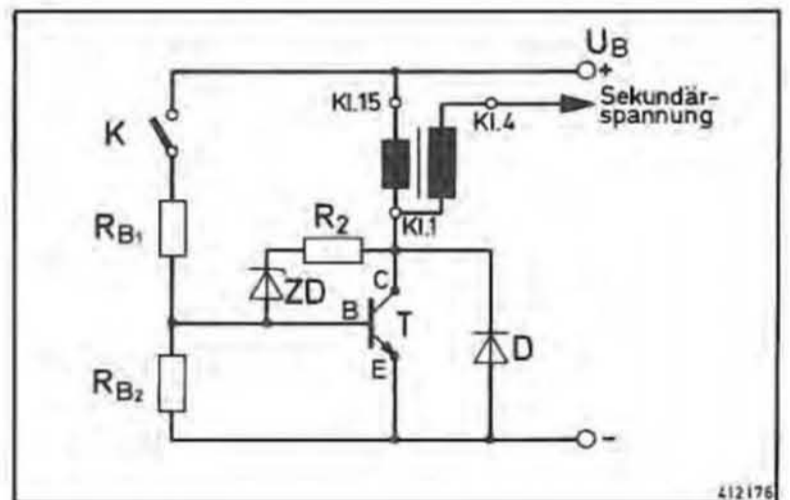
Dadurch wird verhindert, daß die Spannung am Kollektor des Transistors und damit auch an Klemme 1 der Primärwicklung über den Wert der Zenerspannung ansteigen kann. Dieser Wert liegt je nach Ausführung der Transistorzündung im Bereich von 100 bis 400 Volt.

Darüber hinaus schützt diese Zenerdiode gleichzeitig den Kollektor des Transistors vor negativen Spannungsspitzen. Liegt der Kollektor gegenüber dem Emitter auf negativem Potential, so ist die Zenerdiode in Durchlaßrichtung gepolt, es fließt ein Strom I_{ZD} über die Zenerdiode vom Emitter zum Kollektor und die negative Spannung am Kollektor kann nicht über den Wert der Durchlaßspannung der Zenerdiode ansteigen (Bild 39).



39

Die Zenerdiode muß in dieser Schaltung sehr leistungsstark ausgeführt sein, da sie vor allem beim Ausbleiben des Funkenüberschlags auf der Sekundärseite eine hohe Leistung zu übernehmen hat. In ungünstigen Fällen kann die dabei zu absorbierende Energie fast so groß sein, wie die in der Zündspule gespeicherte Energie. Aus diesem Grund verwendet man auch die in Bild 40 gezeigte Schaltung, bei der die grundsätzliche Funktion letzten Endes die gleiche ist.



40

Die Spannung am Kollektor des Transistors kann nicht über die Zenerspannung ansteigen. Nur wird jetzt die Verlustleistung nicht in der Zenerdiode umgesetzt, sondern im Leistungstransistor selbst, da der Strom durch die Zenerdiode näherungsweise um den Stromverstärkungsfaktor kleiner sein kann, als in der vorausgegangenen Schaltung. Die Diode D schützt wieder vor negativen Spannungsspitzen.

2.3.5 Die Ansteuerung des Transistors

Bei der kontaktgesteuerten Spulenzündung war der Unterbrecherkontakt sozusagen Steuer- und Schaltelement in einem. Bei allen Transistor-Zündanlagen haben wir nun die Trennung zwischen dem Schaltelement, dem Transistor, und dem Steuerelement, das mit seinen Steuerimpulsen über geeignete Schaltungen diesen Transistor steuert.

Die Ansteuerung kann, wie schon in unseren Prinzipschaltbildern gezeigt, mit einem Steuerschalter, dem Unterbrecherkontakt geschehen. Derartige Transistorzündungen bezeichnet man dann als **kontaktgesteuert (TSZ-k)**. Allerdings sind diese Anlagen noch nicht wartungsfrei, denn wir haben immer noch einen, wenn auch minimalen, mechanischen Verschleiß am Unterbrecher.

Wartungsfreiheit und exakte zeitrichtige Auslösung des Zündfunken im gesamten Drehzahlbereich des Motors auf Lebensdauer ist nur mit der **kontaktlosen** Zündung möglich.

Benzinsparende Motoren, verschärfte Abgasvorschriften und erhöhte Forderungen an die Betriebssicherheit bringen immer höhere Anforderungen an die Zündung und führen zu einer rasch zunehmenden Verbreitung dieser kontaktlosen Zündanlagen. Das Hauptmerkmal dieses Zündsystems ist der Zündimpulsgeber, der die Stelle des nockenbetätigten Unterbrecherkontakts einnimmt. Der Zündimpulsgeber hat die Aufgabe, Steuerimpulse kontaktlos zu erzeugen, d. h. ohne Zuhilfenahme mechanischer Kontakte. Diese Steuerimpulse werden dem elektronischen Schaltgerät zugeführt und steuern dort den Schalttransistor.

Zündimpulsgeber können in sehr unterschiedlicher Weise ausgeführt sein und beeinflussen die technische Ausführung der Transistor-Zündanlage in hohem Maße. Bosch stellt Zündimpulsgeber als Hallgeber und Induktionsgeber her.

Man unterscheidet danach:

Transistor-Spulenzündungen mit Hallgeber (TSZ-h)

und

Transistor-Spulenzündungen mit Induktions-Geber (TSZ-i)

Häufig sind auch die Zündimpulsgeber anderer Hersteller auf diesen Prinzipien aufgebaut. Sofern bei Zündsystemen anderer Hersteller grundsätzliche Unterschiede vorhanden sind, werden wir bei unseren weiteren Erläuterungen, soweit es uns möglich ist, auf diese Unterschiede eingehen.

2.3.6 Das Steuerimpulsbild

Durch die Trennung von Schaltelement und Steuerelement bei der Transistorzündung erhalten wir nun einen weiteren charakteristischen Spannungsverlauf in der Zündung: den Verlauf der Ansteuerimpulse, über die letzten Endes die Auslösung des Zündfunken gesteuert wird.

Wir führen deshalb bei unseren Normaloszillogrammen neben dem Primär- und dem Sekundärbild ein weiteres Oszillogramm, das Steuerimpulsbild ST ein!

Dieses Steuerimpulsbild zeigt die für den jeweiligen Zündanlagentyp charakteristischen Ansteuerimpulse. Es wird an den Steuerleitungen der Transistorzündung abgenommen.

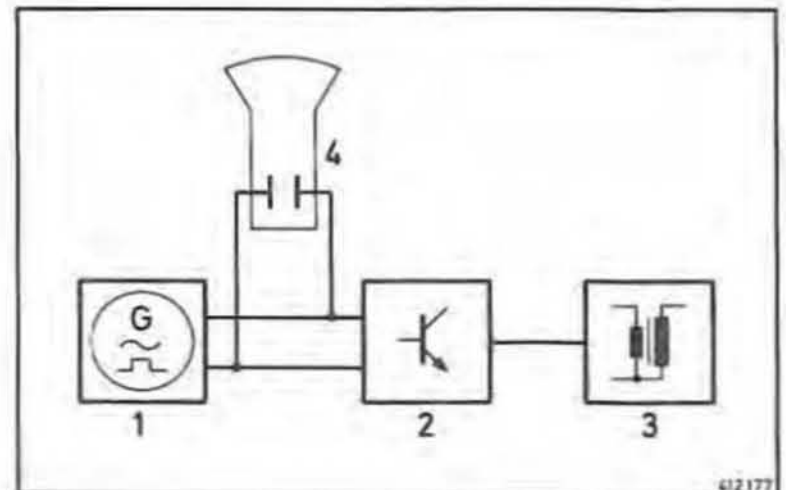


Bild 41

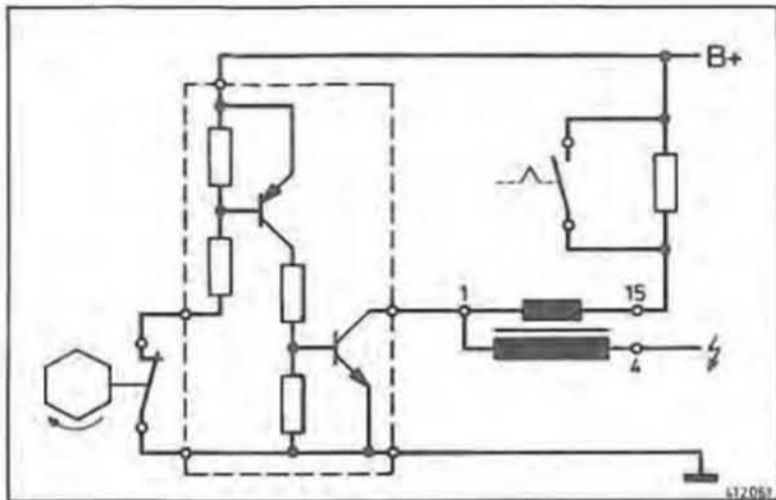
- 1 = Zündimpulsgeber
- 2 = Transistor-Schaltgerät
- 3 = Zündspule
- 4 = Oszilloskop

41

2.4 Ausführungen der Transistor-Spulenzündung

2.4.1 Die kontaktgesteuerte Transistor-Spulenzündung (TSZ-k)

Zur Steuerung des Schalttransistors verwendet man bei der kontaktgesteuerten TSZ den üblichen Unterbrecherkontakt. Da er jetzt nur noch einen geringen Steuerstrom zu schalten hat, gibt es keinen Öffnungsfunken mehr und der Kondensator parallel zum Unterbrecher entfällt. Das Prinzipschaltbild einer kontaktgesteuerten Silizium-Transistor-Zündung (Si-TSZ) zeigt Bild 42.



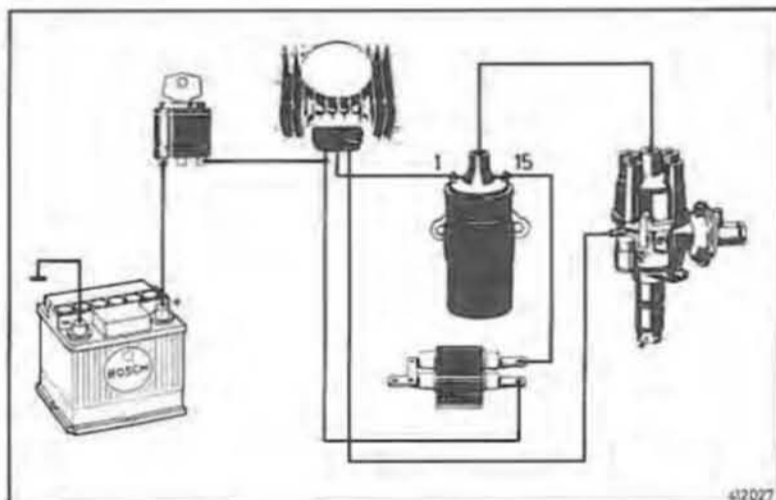
42

Damit der Unterbrecherkontakt wie üblich gegen Masse schalten kann, ist gegenüber unserem Prinzipschaltbild 40 aus Kapitel 2.3 noch ein weiterer Transistor vorhanden.

Der Schalttransistor ist mit den sonst noch dazugehörigen elektronischen Bauteilen in einem sogenannten „Schaltgerät“ untergebracht.

Üblicherweise arbeitet man bei dieser Zündanlage mit Vorwiderstand und Startanhebung.

Auf Bild 43 sehen wir die Bauteile einer kontaktgesteuerten TSZ.

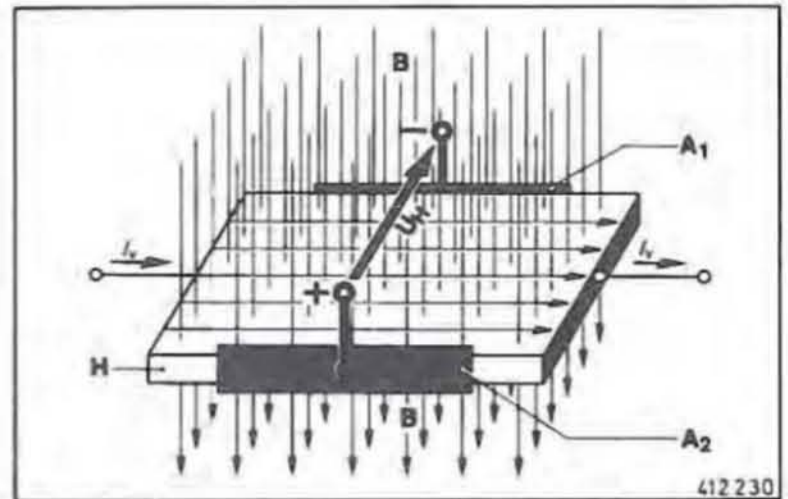


43

2.4.2 Die kontaktlose Transistorzündung mit Hallgeber (TSZ-h)

2.4.2.1 Arbeitsweise des Hall-Gebers

Die Funktion dieses Gebers beruht auf dem sogenannten Hall-Effekt in Halbleitern, siehe Bild 44.

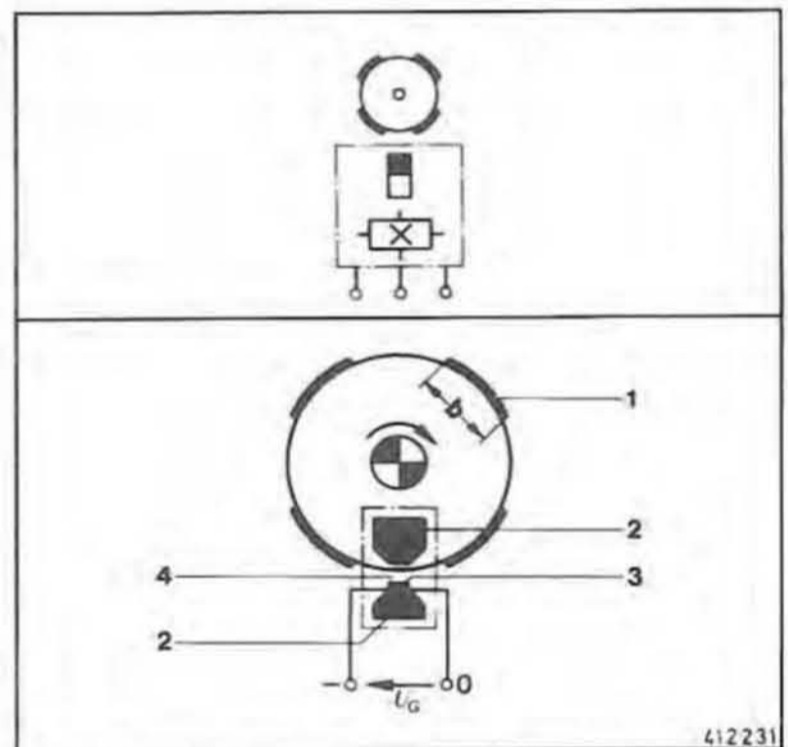


44

Ein Strom I_x fließt durch ein Halbleiterplättchen (Hallschicht H genannt). Bringt man nun dieses Halbleiterplättchen in ein Magnetfeld B und zwar so, daß der Magnetfluß senkrecht zum Halbleiterplättchen verläuft, so entsteht zwischen den Kontaktflächen A₁ und A₂ eine Spannung von einigen Millivolt, die man als Hallspannung U_H bezeichnet. Diese Hallspannung ist bei einem bestimmten Halbleiterplättchen unter der Voraussetzung, daß der Strom I_x konstant bleibt, nur noch von der magnetischen Feldstärke abhängig: Je höher die Feldstärke, umso größer auch die Hallspannung.

Wenn wir jetzt dafür sorgen, daß sich die magnetische Feldstärke periodisch im Takt der Zündung ändert, dann ändert sich auch die Hallspannung entsprechend. Wir können dann die Hallspannung im elektronischen Schaltgerät zur Auslösung des Zündfunkens verwenden.

Der Hallgeber ist zu diesem Zweck als eine Art Magnetschranke aufgebaut, Bild 45, vergleichbar mit der bekannten Lichtschranke.



45

Bild 45

1 = Blende mit Breite b

2 = Weichmagnetische Leitstücke

3 = Hall-IC

4 = Luftspalt

U_G = Geberspannung

Zur Magnetschranke gehören ein Dauermagnet mit Leitstücken und der Hall-IC, eine integrierte Halbleiterschaltung, bestehend aus der Hallschicht mit einem angeschlossenen elektronischen Schaltverstärker.

Durch diese fest angeordnete Magnetschranke laufen die Blenden des auf der Verteilerwelle sitzenden weichmagnetischen Blendenrotors.

Taucht eine Blende in den Luftspalt der Magnetschranke ein, so leitet sie das Magnetfeld am Hall-IC vorbei, die Hallspannung U_H ist nahezu Null, der elektronische Schalter im Hall-IC sperrt, er schaltet „aus“.

Verläßt die Blende den Luftspalt, dann durchsetzt der magnetische Fluß den Hall-IC, die Hallspannung U_H wird wirksam, der elektronische Schalter im Hall-IC wird leitend, er schaltet „ein“.

In diesem Augenblick muß die Zündung ausgelöst werden. Konstruktiv ist der Hallgeber so ausgebildet, daß er statt des Unterbrecherkontakts in den Verteiler eingesetzt werden kann. Blendenrotor und Verteilerläufer sind ein Bauteil, die Zahl der Blenden ist gleich der Zahl der Zylinder. Die Breite der einzelnen Blenden bestimmt im allgemeinen den Schließwinkel dieses Zündsystems.

Den Aufbau eines Zündverteilers mit Hallgeber zeigt Bild 46.

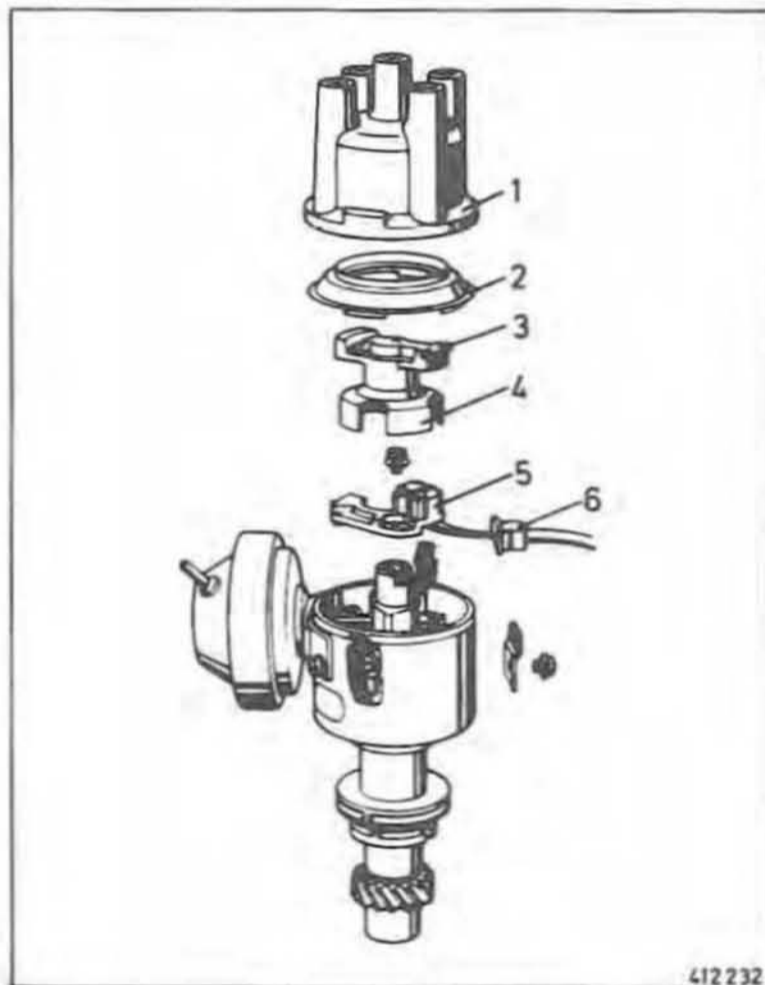
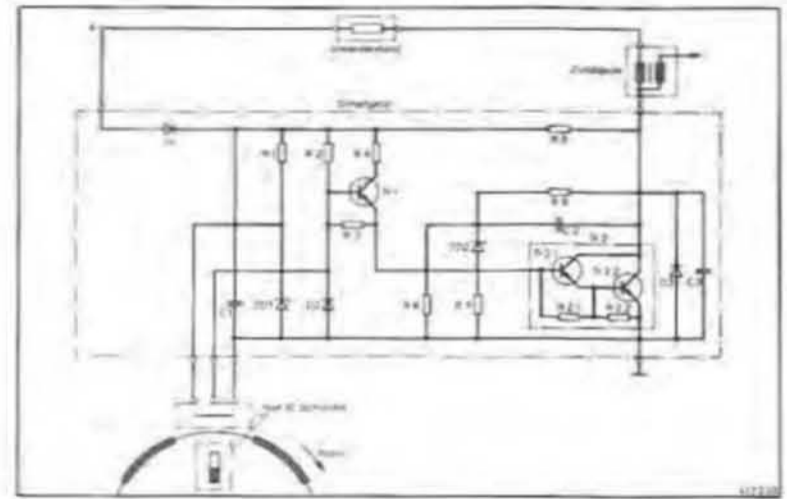


Bild 46

- 1 = Verteilerkappe
- 2 = Staubschutzdeckel
- 3 = Verteilerläufer
- 4 = Rotorblende
- 5 = Magnetschranke
- 6 = Formstück mit Geberleitung

2.4.2.2 Arbeitsweise des Schaltgerätes



Das Schaltgerät der Transistorzündung mit Hallgeber (Bild 47) ist dem der kontaktgesteuerten Transistorzündung (TSZ-k) sehr ähnlich (Bild 42). Der Unterbrecherkontakt ist durch den Hall-IC ersetzt, der allerdings eine zusätzliche stabilisierte Versorgungsspannung vom Schaltgerät benötigt (Kl. 8h).

Befindet sich eine Blende des Rotors innerhalb der Magnetschranke, so ist der Schalttransistor der Endstufe durchgeschaltet, der Primärstrom kann fließen. Verläßt die Blende des Rotors die Magnetschranke, so sperrt der Schalttransistor, der Primärstrom wird unterbrochen, der Zündfunke ausgelöst.

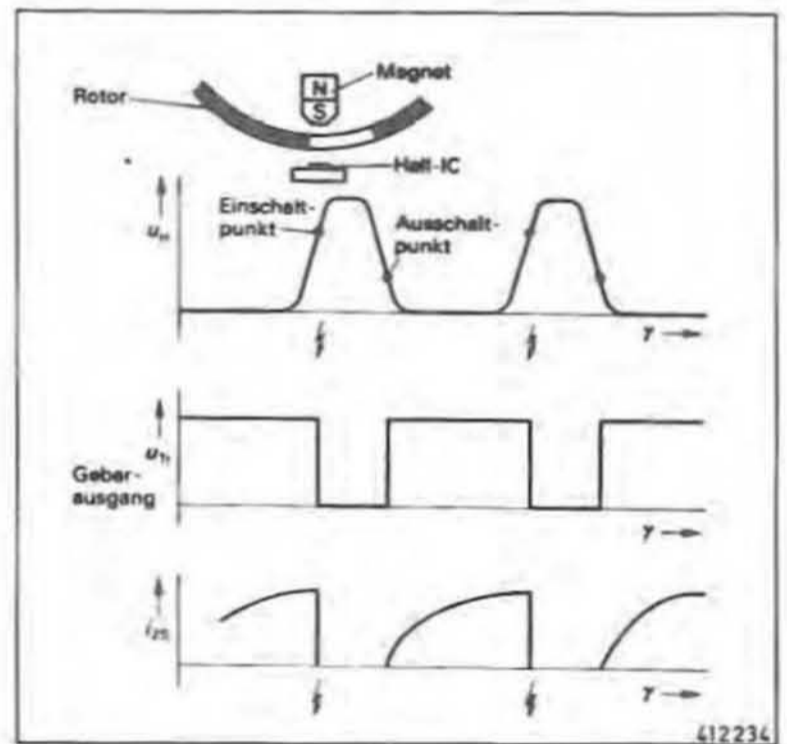
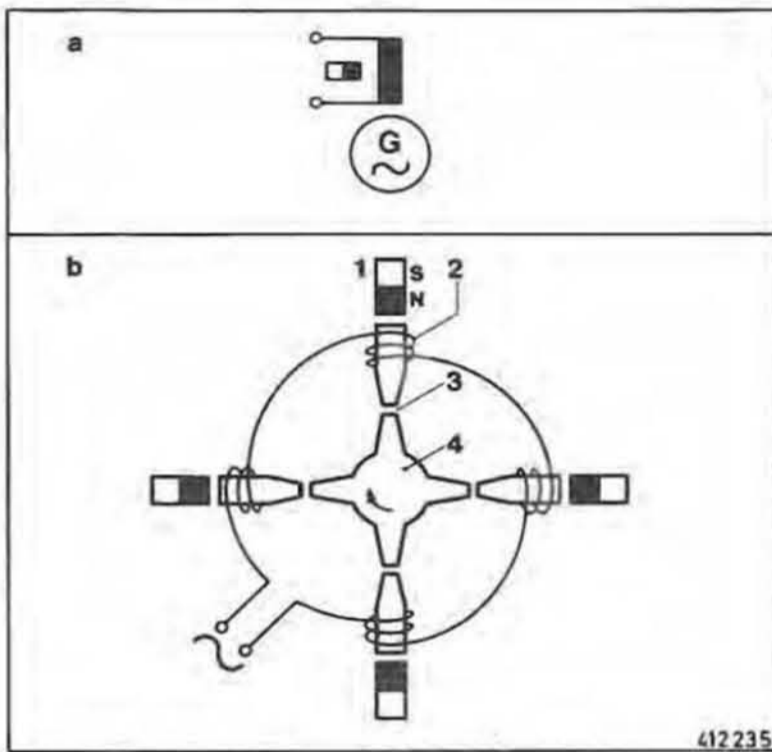


Bild 48 zeigt das Impulsdiagramm der TSZ-h.

Genau wie die kontaktgesteuerte Transistor-Spulen-zündung (TSZ-k) kann auch die Transistor-Zündung mit Hall-Geber mit Vorwiderständen im Primärkreis und mit Startanhebung ausgestattet sein.

2.4.3 Die kontaktlose Transistorzündung mit Induktionsgeber (TSZ-i)

2.4.3.1 Arbeitsweise des Induktionsgebers



49

Bild 49

Zündimpulsgeber nach dem Induktionsprinzip. Schaltzeichen (a) und Funktionsschema (b).

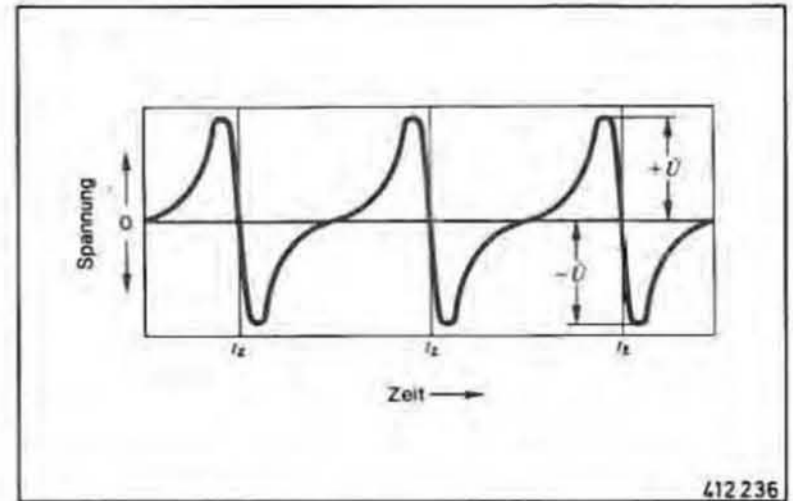
- 1 = Dauermagnet
- 2 = Induktionswicklung mit Kern
- 3 = Veränderlicher Luftspalt
- 4 = Impulsgeberrad

Bild 49 zeigt das Funktionsschema des Induktionsgebers. Dauermagnet, Induktionswicklung und Kern bilden eine geschlossene Baueinheit, den sogenannten Stator. Um diese feste Baueinheit dreht sich das auf der Zündverteilerwelle sitzende Impulsgeberrad, Rotor genannt. Kern und Rotor bestehen aus einem weichmagnetischen Stahl, sie haben zahnförmige Pole, deren Zahl in der Regel bei Rotor und Stator gleich ist und der Zylinderzahl des Motors entspricht. Das Funktionsprinzip des Gebers besteht nun darin, daß beim Drehen des Rotors der Luftspalt zwischen Rotor- und Statorzähnen sich periodisch ändert. Die Luftspaltänderung führt zu einer Änderung des magnetischen Kraftflusses.

Und wenn wir uns jetzt an das erste Kapitel unserer physikalischen Grundlagen erinnern – wie man elektrische Energie erzeugen kann – so steht dort der Satz:

Wird ein elektrischer Leiter in ein Magnetfeld gebracht, das seine Feldstärke ändert, so wird während dieser Änderung in dem Leiter eine elektrische Spannung induziert.

Und genau das passiert in der Induktionswicklung, wenn der Rotor sich dreht. Wir erhalten an ihrem Ausgang eine Wechselspannung, deren zeitlicher Verlauf in Bild 50 dargestellt ist. Der steile Wechsel von der positiven zur negativen Halbwelle wird im angeschlossenen Schaltgerät zur Auslösung des Zündfunken verwendet. Er entspricht der Stellung des Induktionsgebers, bei dem sich Rotor- und Statorzähne direkt gegenüber stehen, und der Luftspalt gerade beginnt, sich wieder zu vergrößern.



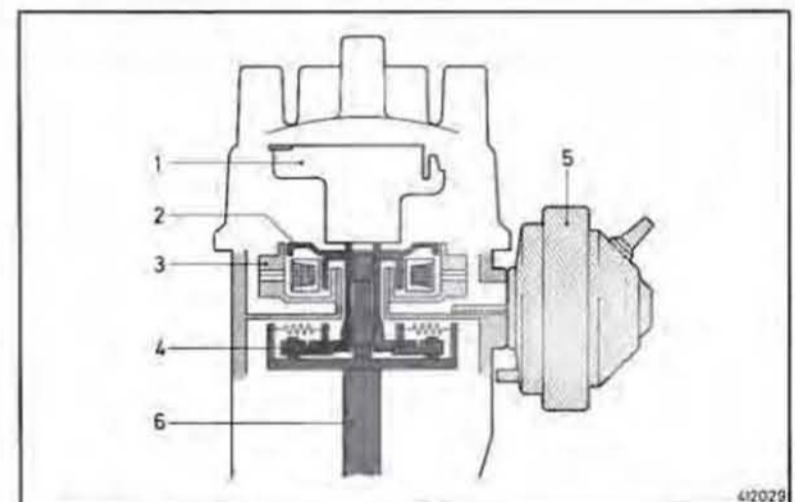
50

Bild 50

Zeitlicher Verlauf der vom Zündimpulsgeber erzeugten Wechselspannung.

t_z = Zündzeitpunkt

Konstruktiv ist der Induktionsgeber im Gehäuse des Zündverteilers untergebracht und zwar an der Stelle, wo sonst der Unterbrecher sitzt, siehe Bild 51.



51

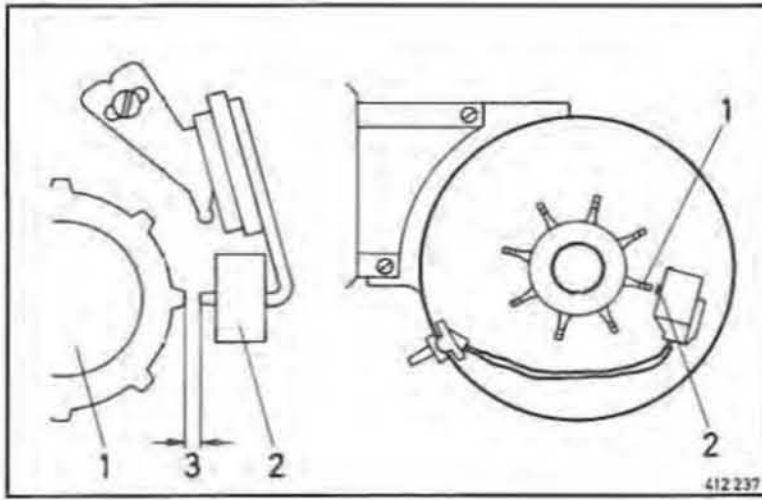
Bild 51

- 1 = Verteilerläufer
- 2 = Impulsgeber
- 3 = Polscheibe
- 4 = Fliehkraftverstellung
- 5 = Unterdruckverstellung
- 6 = Verteiler-Antriebswelle

Die übrigen Bauteile des Verteilers wie Fliehkraft- und Unterdruckverstellung bleiben praktisch so, wie sie uns von der kontaktgesteuerten Spulenzündung her bekannt sind.

Rein äußerlich verrät nur die üblicherweise steckbare zweidrigige Geberleitung, daß es sich um einen Zündverteiler mit Induktionsgeber handelt.

Neben dem jetzt beschriebenen rotationssymmetrischen Induktionsgeber gibt es bei anderen Herstellern auch sogenannte Ein Zahngeber (Bild 52).



52

Bild 52

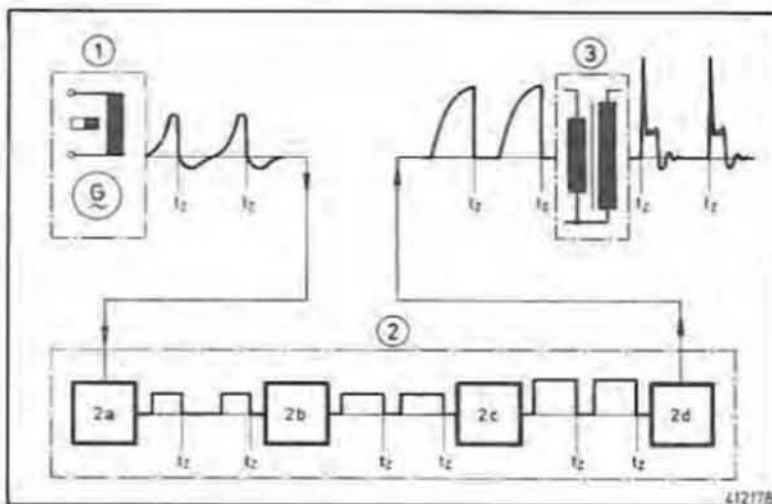
- 1 = Rotor
- 2 = Aufnehmer mit Geberspule
- 3 = Luftspalt

Magnet, Geberspule und weichmagnetische Leitbleche sind tangential zum Rotor angeordnet. Auch bei diesem Aufbau wird beim Drehen des Rotors durch Luftspaltänderungen der magnetische Fluß geändert und in der Geberspule eine Wechselspannung induziert.

Der Induktionsgeber ist der wohl zur Zeit am häufigsten eingesetzte Geber bei kontaktlosen Zündsystemen.

2.4.3.2 Schaltgerät mit Schließwinkelsteuerung

Die Abläufe im elektronischen Schaltgerät der TSZ mit Induktionsgeber sind wesentlich komplexer als bei der kontaktgesteuerten TSZ-k oder der TSZ-h mit Hallgeber. Wir wollen diese Abläufe deshalb zuerst einmal anhand eines Blockschaltbildes (Bild 53) erläutern.



53

Bild 53

Impulsschema der TSZ-i. Zeitlicher Impulsverlauf von Spannung bzw. Strom von links nach rechts.

- t_z = Zündzeitpunkt
- 1 = Induktionsgeber
- 2 = Schaltgerät
- 2a = Impulsformer
- 2b = Schließwinkelsteuerung
- 2c = Treiber
- 2d = Darlington-Endstufe
- 3 = Zündspule

Die Ausgangswechselspannung des Induktionsgebers (1) wird zunächst im Impulsformer (2a) des Schaltgerätes (2) in ein Rechtecksignal umgewandelt. Entscheidend ist dabei der Wechsel des Gebersignals von der positiven zur negativen Halbwelle, er steuert den Zündzeitpunkt.

Auf die Impulsformerstufe folgt die Schließwinkelsteuerung (2b) und in dieser Stufe haben wir nun den entscheidenden Unterschied gegenüber allen bisher beschriebenen Zündsystemen. Bei allen kontaktgesteuerten Zündanlagen und zum Teil auch bei der TSZ-h mit Hallgeber ist der Schließwinkel unabhängig von der Motordrehzahl konstant. Er wird fest vorgegeben durch die Einstellung des Unterbrecherkontaktes zum Unterbrechernocken, bzw. durch die Blendenbreite des Rotors beim Hallgeber.

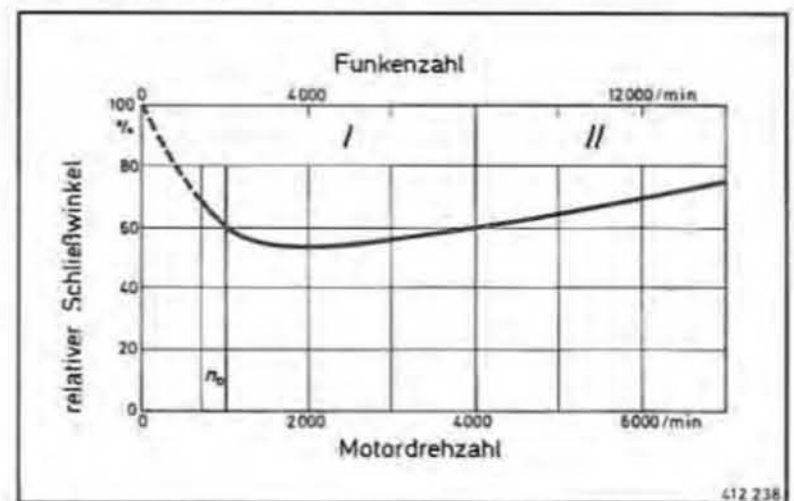
Damit bei diesen Zündsystemen auch in oberen Drehzahlbereichen bei kurzer Schließzeit noch ausreichend Zündenergie zur Verfügung steht, verwendet man hier bei hochdrehenden Motoren induktionsarme Zündspulen mit Vorwiderständen (siehe 2.1).

Das gleiche Ziel, im oberen Drehzahlbereich noch ausreichend Zündenergie zur Verfügung zu stellen, erreichen wir, wenn wir den Schließwinkel nicht konstant halten, sondern im oberen Drehzahlbereich erhöhen. Damit wird gewährleistet, daß auch bei hohen Drehzahlen die Schließzeit noch so groß ist, daß ein genügend großer Primärstrom fließen kann.

Zwei Bedingungen müssen dabei aber unbedingt eingehalten werden:

- der Zündzeitpunkt darf durch diese Steuerfunktion auf keinen Fall verändert werden
- der Schließwinkel darf nicht so groß werden, daß durch den vorzeitigen Schließbeginn die Funkendauer so verkürzt würde, daß keine sichere Gemischentflammung mehr gewährleistet ist.

Alle diese Funktionen werden nun von der Schließwinkelsteuerung im Schaltgerät übernommen.



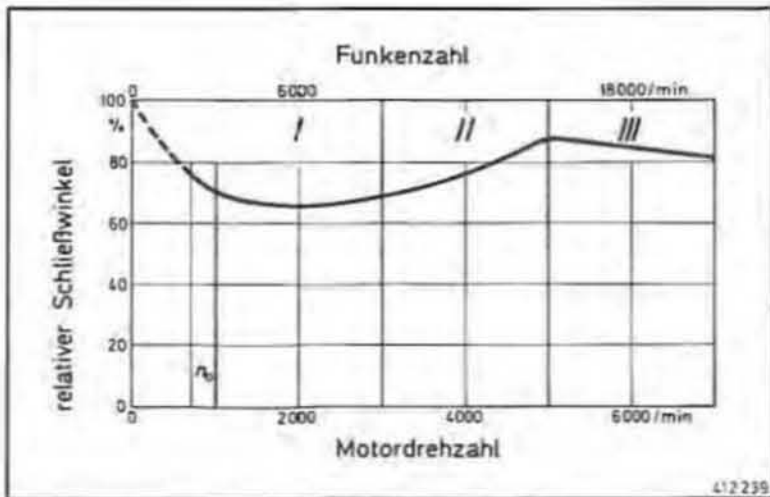
54

Bild 54 zeigt die Drehzahlabhängigkeit des Schließwinkels (angegeben in %) für eine Vierzylinderzündanlage.

Im Bereich I ist der Schließwinkel so gehalten, daß die Zündanlage bis herunter zur Leerlaufdrehzahl mit gutem Wirkungsgrad arbeitet.

Unterhalb der Leerlaufdrehzahl allerdings steigt der Schließwinkel steil an und erreicht bei Drehzahl $n = 0$ theoretisch 100%. Entscheidend ist aber der Anstieg des Schließwinkels im Bereich II. Er verhindert einen Rückgang des Primärstroms und damit der Speicherenergie in der Zündspule und gewährleistet ein nahezu konstantes Hochspannungsangebot bis hin zur Höchstzahl.

Für 6- und 8-Zylindermotoren brauchen wir im oberen Drehzahlbereich eine Zusatzsteuerung des Schließwinkels, um eine ausreichende Funkendauer zu gewährleisten, Bild 55.



55

Die Schließzeit wird deshalb in diesem Bereich III wieder nahezu konstant gehalten.

Kehren wir nun wieder zu unserem Blockschaltbild (Bild 53) zurück. Die Impulslänge wird also in der Schließwinkelsteuerung (2b) je nach Motordrehzahl mal größer, mal kleiner bemessen. Die anschließend in der Treiberstufe (2c) verstärkten Rechteckimpulse steuern den Schalttransistor (2d) an, der den Primärstrom im Impulstakt ein- und ausschaltet. Jede Unterbrechung der Rechteckimpulse hat eine Unterbrechung des Primärstroms und damit einen Funkenüberschlag an der Zündkerze im Zündzeitpunkt t_z zur Folge.

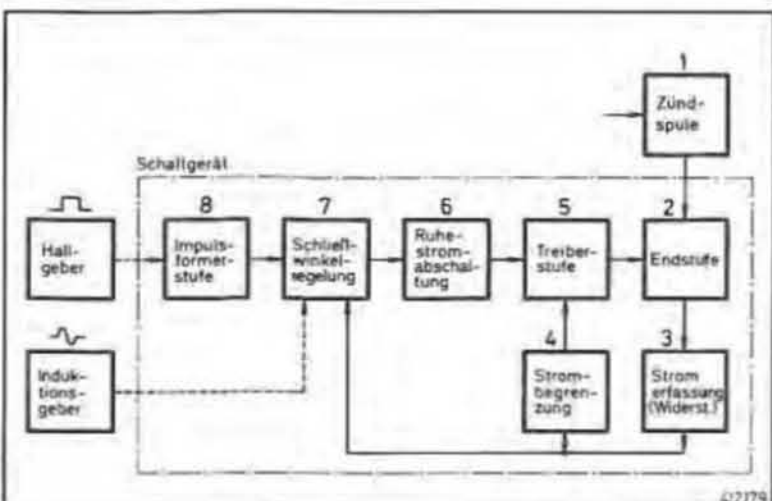
Zusammenfassung: Der entscheidende Unterschied der Transistorzündung mit Induktionsgeber (TSZ-i) gegenüber allen kontaktgesteuerten Zündsystemen ist, daß der Schließwinkel nicht konstant bleibt, sondern sich in Abhängigkeit von der Motordrehzahl ändert.

2.4.3.3 Schaltgerät mit Schließwinkelregelung und Strombegrenzung

Bei dieser Ausführung der TSZ wird der Schließwinkel so geregelt, daß sich in jedem Betriebszustand, also bei unterschiedlicher Motordrehzahl, Batteriespannung und Temperatur, jeweils die Schließzeit einstellt, die zum Erreichen eines bestimmten Primärstroms in der Zündspule gerade erforderlich ist.

Die Vorwiderstände, die bei den bisherigen TSZ-Anlagen mit geschalteter Endstufe den Primärstrom begrenzen, sind weggefallen. Die Endstufe im Schaltgerät übernimmt zusätzlich noch die Aufgabe der Strombegrenzung. Der maximale Primärstrom wird nicht mehr durch den Gesamtwiderstand des Primärkreises (Vorwiderstände plus Primärwicklung) bestimmt, sondern durch die Strombegrenzung des Schaltgerätes.

Wie die Strombegrenzung prinzipiell funktioniert, soll anhand von Bild 56 erläutert werden.

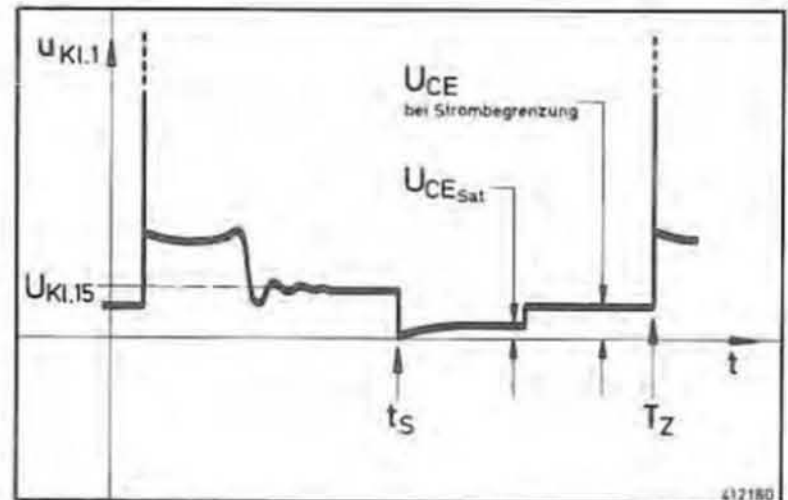


56

Die Treiberstufe (5) schaltet mit Beginn der Schließzeit die Endstufe (2) mit dem Schalttransistor durch. An der Zündspule (1) liegt die Batteriespannung abzüglich der Restspannung des Schalttransistors. Der Primärstrom beginnt zu fließen und steigt nach dem Induktionsgesetz an.

In der Stromerfassung (3) wird laufend die augenblickliche Größe des Primärstromes gemessen. Erreicht der Primärstrom noch vor Ende der Schließzeit t_s seinen zulässigen Grenzwert, so wird die Strombegrenzung (4) wirksam. Die Endstufe wird nicht mehr voll durchgeschaltet, sondern nur noch so weit geöffnet, daß an der Zündspule gerade die Spannung ansteht, die erforderlich ist, um den zulässigen Grenzwert des Primärstroms (I_{max}) fließen zu lassen.

Man sagt auch, der Schalttransistor arbeitet nicht mehr im Sättigungsbereich. Die Spannung an der Kl. 1 der Zündspule ist wesentlich höher als die Sättigungsspannung des durchgeschalteten Transistors. Statt 1–2 Volt bei geschalteten Endstufen kann sie bis über die halbe Batteriespannung ansteigen.



57

Bild 57

- t_s = Schließzeitpunkt
- t_z = Zündzeitpunkt
- U_{CE} = Spannung am Transistor während der Strombegrenzung
- $U_{CE sat}$ = Sättigungsspannung des durchgeschalteten Transistors
- $U_{Kl.1}$ = Spannung an Kl. 1 der Zündspule
- $U_{Kl.15}$ = Spannung an Klemm 15 der Zündspule

Zur Verdeutlichung können wir wieder wie in Abschnitt 2.3.2 statt des Transistors in der Endstufe ein Ventil betrachten. Dieses Ventil wird bei Einsatz der Strombegrenzung nicht mehr ganz, sondern nur teilweise aufgedreht. Jetzt kann nur noch ein Teil der maximal möglichen Flüssigkeitsmenge (= Strom) durchströmen. Dafür liegt dann nicht der volle Druck (= Spannung) am Verbraucher (= Zündspule), sondern ein Teil davon fällt am nur teilweise geöffneten Ventil (= Transistor) ab.

Schaltgeräte mit Strombegrenzung gibt es in Verbindung mit Induktionsgebern und auch in Transistorzündungen mit Hallgebern. In diesen Ausführungen wird der Schließwinkel nicht nur allein von der Blende des Rotors bestimmt, sondern ebenfalls vom Schaltgerät geregelt.

Wir haben nun alle wesentlichen Varianten der kontaktgesteuerten und kontaktlosen Spulen-Zündanlage erläutert.

Es fehlt uns jetzt nur noch eine Zündanlage, die aber nach einem ganz anderen Prinzip arbeitet, als alle bisher geschilderten Zündsysteme, es ist die Hochspannungs-Kondensator-Zündung (HKZ), manchmal auch Thyristorzündung genannt.

2.5 Die Hochspannungs-Kondensator-Zündung (HKZ)

2.5.1 Allgemeines

Im Gegensatz zu den bisher geschilderten Spulenzündanlagen wird bei der Hochspannungs-Kondensator-Zündung die Zündenergie nicht im Magnetfeld der Zündspule, sondern im elektrischen Feld eines Kondensators gespeichert. Zwar braucht man auch bei diesem Prinzip eine „Zündspule“, doch besteht deren Aufgabe nur darin, die Zündenergie auf den Sekundärkreis zu übertragen und die Kondensatorspannung auf die für den Funkenüberschlag notwendige Hochspannung zu transformieren.

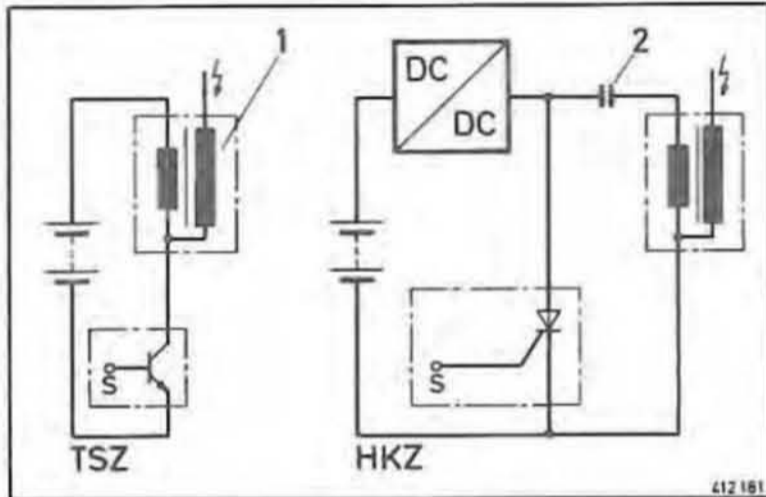


Bild 58.

- 1 = Energiespeicher Spule
- 2 = Energiespeicher Kondensator

Vorzüge dieses Zündsystems sind:

- Hohe Spannungsreserve
- Optimale Leistungsaufnahme im gesamten Drehzahlbereich
- Besonders steiler Anstieg der Hochspannung und deshalb weitgehende Unempfindlichkeit gegen Nebenschlüsse an der Zündkerze und an sonstigen Isolatoroberflächen des Zündkreises.

Aus diesen Gründen wird die HKZ meist bei ausgesprochenen Hochleistungs-Motoren eingesetzt, da diese Motoren im Kurzstreckenverkehr nur selten ihre günstigste Betriebstemperatur erreichen und daher den Selbstreinigungseffekt der Zündkerzen nicht ermöglichen. Allerdings ist die Funkendauer der HKZ mit 0,1–0,2 Millisekunden sehr kurz (Spulenzündanlagen ca. 1 ms). Die große Hochspannungsreserve macht es jedoch möglich, Zündkerzen mit größerem Elektrodenabstand einzusetzen und so den Nachteil der kurzen Funkendauer durch eine größere Funkenlänge auszugleichen.

2.5.2 Aufbau der Hochspannungs-Kondensator-Zündung

Wesentliches Merkmal der HKZ ist, daß die Zündenergie im elektrischen Feld eines Kondensators gespeichert wird (Bild 59).

Kapazität und Aufladespannung bestimmen die Größe der Zündenergie. Durch den Ladeteil wird der Speicherkondensator auf eine Spannung von ca. 400 Volt aufgeladen (Bild 60). Im Zündzeitpunkt wird die gespeicherte Energie durch Schließen eines elektronischen Leistungsschalters, des Thyristors, Bild 61 über die Primärwicklung des Zündtransformators entladen.

Da Speicherkondensator und Primärwicklung einen elektronischen Schwingkreis bilden (vergleiche Bild 20), entstehen gedämpfte Schwingungen, deren Frequenz jedoch etwa zehnmal höher ist als die, welche bei Spulenzündanlagen auftritt. Diese höhere Frequenz ist maßgebend für den steilen Spannungsanstieg des Zündimpulses, er beträgt bei der HKZ ca. 3000 V/µs, gegenüber der Spulenzündung von ca. 350 V/µs.

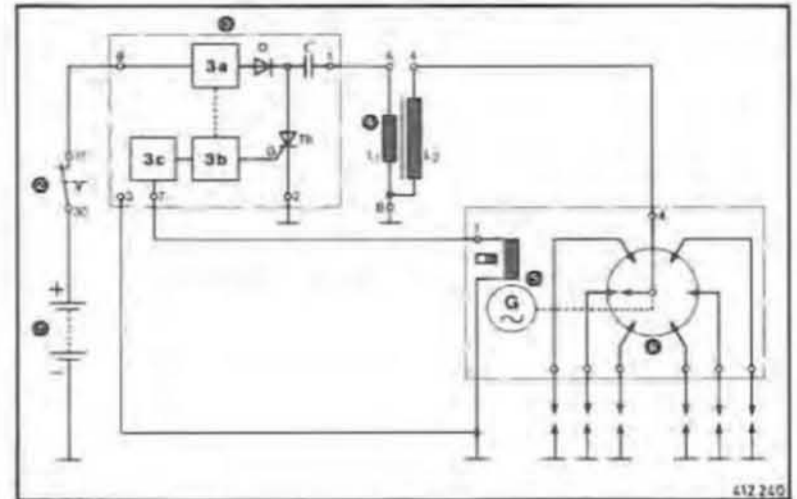
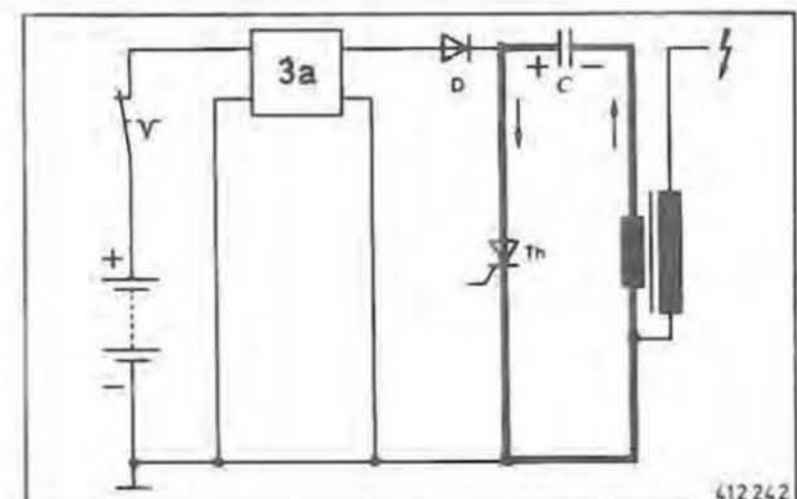
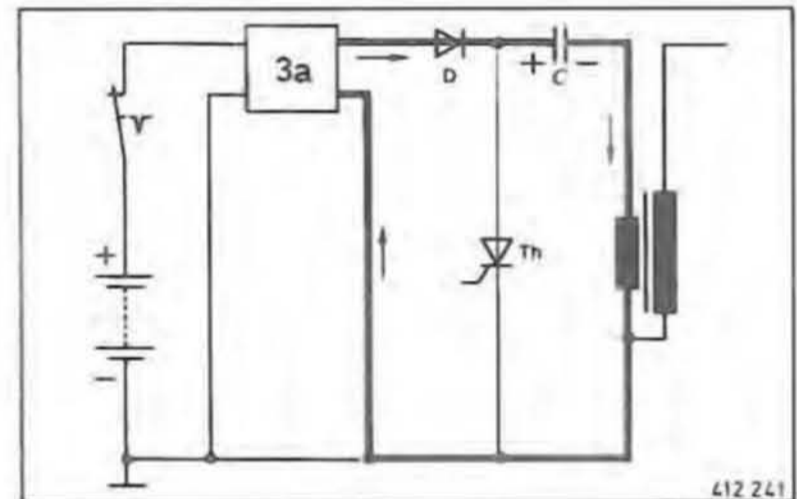


Bild 59

- | | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 1 = Batterie | Th = Thyristor mit Gateanschluß G |
| 2 = Zündschalter | 4 = Zündtransformator |
| 3 = Schaltgerät | L ₁ = Primärwicklung |
| 3a = Ladeteil | L ₂ = Sekundärwicklung |
| 3b = Steuerteil | 5 = Induktionsgeber |
| 3c = Impulsformer | 6 = Zündverteiler |
| D = Diode | |
| C = Speicherkondensator | |



59

58

60

61

2.5.2.1 Der Ladeteil

Der Ladeteil ist ein elektronischer Spannungswandler. Er hat die Aufgabe, die Batteriespannung in die wesentlich höhere Ladegleichspannung umzuwandeln und den Speicherkondensator C damit aufzuladen. Ein Zurückfließen des Stromes in den Ladeteil wird durch die Diode D verhindert (Bild 59).

Das Aufladen geschieht durch Impulse: Dabei gibt es zwei Arten der Aufladung, die ältere Mehrimpulsaufladung und die neuere, ihr überlegene Einzelimpulsaufladung.

Der Ladeteil der Mehrimpulsaufladung arbeitet mit einer Impulsfrequenz von ca. 3000 Hz, die deutlich hörbar ist und damit anzeigt, daß die Anlage arbeitet.

Der Kondensator wird während der Ladezeit durch viele einzelne Ladeimpulse auf die erforderliche Spannung aufgeladen.

Der Ladeteil der Einzelimpulsaufladung bringt den Ladekondensator mit einem einzigen Impuls wesentlich rascher auf seine Betriebsspannung.

Der Ladeimpuls ist mit etwa 0,3 ms so kurz bemessen, daß selbst bei höchster Motordrehzahl die gespeicherte Energie nicht abfällt. Dies ist der entscheidende Vorteil gegenüber der Mehrimpulsaufladung.

2.5.2.2 Der Thyristor

Um den aufgeladenen Speicherkondensator über die Primärwicklung des Zündtransformators entladen zu können, benötigt man einen elektronischen Leistungsschalter, den Thyristor. Er ist, genau wie der Transistor, ein Halbleiterbauelement, kann jedoch weit höhere Ströme schalten.

Bei der HKZ treten kapazitive Einschaltstromstöße bis zu 100 A auf. Auch kann der Thyristor im Sperrzustand höhere Spannungen verkraften.

Im Zündzeitpunkt bekommt das Gate vom Steuerteil einen Steuerstromimpuls. Der vorher gesperrte Thyristor wird schlagartig leitfähig und entlädt den Speicherkondensator über die Primärwicklung des Zündtransformators.

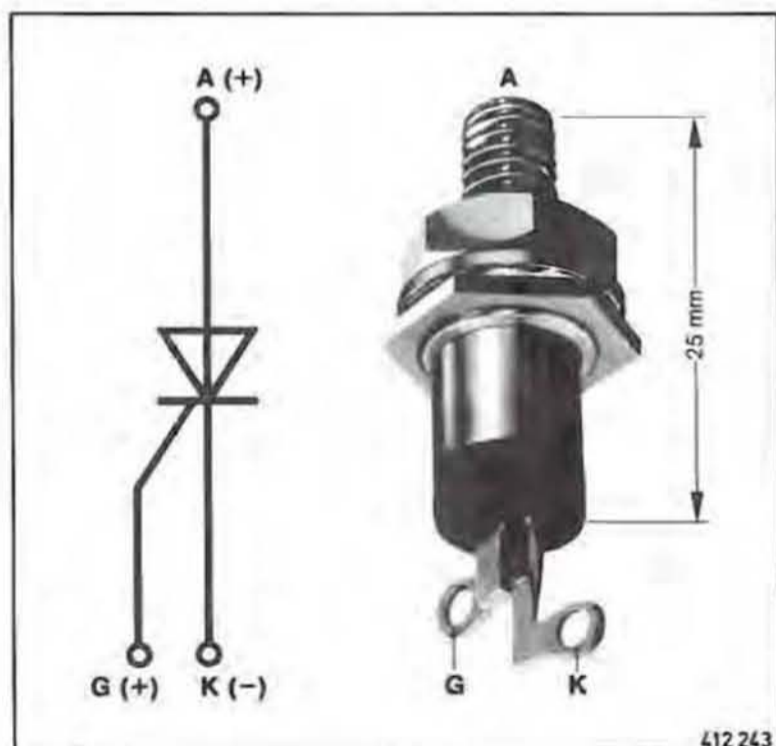
Der Thyristor sperrt erst wieder, wenn der Kondensator nahezu entladen ist. Bis zum nächsten Zündzeitpunkt muß er dann im Sperrzustand der Ladespannung des Speicherkondensators standhalten.

2.5.2.3 Der Zündtransformator

Er hat bei der HKZ nur die Aufgabe, den aus dem Speicherkondensator über den Thyristor abfließenden Entladestromstoß auf das Hochspannungsniveau des Zündimpulses zu übertragen. Er gleicht äußerlich einer normalen Zündspule, unterscheidet sich jedoch in seiner elektrischen Auslegung ganz wesentlich von ihr.

2.5.2.4 Die Ansteuerung der HKZ

Die HKZ kann genau wie die TSZ entweder mechanisch mit dem Unterbrecherkontakt oder kontaktlos mit einem Zündimpulsgeber angesteuert werden.



62

Bild 62

A = Anode

G = Gate

K = Kathode

Der Thyristor, Bild 62 ist mit seiner Anode mit der Plusseite des Kondensators verbunden, seine Kathode liegt an Masse (s. Bild 61). Das Gate (sprich geit) ist die Steuerelektrode des Thyristors.

2.6 Die vollelektronische Zündanlage

2.6.1 Allgemeines

Bei der konventionellen Spulenzündung übernimmt der Unterbrecherkontakt gleichzeitig die Funktion der Zündauslösung und des Stromabschaltens. Die drehzahl- und lastabhängige Zündzeitpunktverstellung wird von einem Fliehkraftverstellungssystem und einem Druckdosensystem vorgenommen, und zwar so, daß sich die von der Drehzahl und die von der Last abhängigen Verstellungen überlagern.

Bei der kontaktlosen Transistorzündung sind Zündauslösung und Hochspannungserzeugung voneinander getrennt und durch elektronische Bauelemente realisiert. Der Zündzeitpunkt wird wie bei der konventionellen Spulenzündung mit Fliehkraft und Druckdosensystem verstellt.

Das konventionelle Verstellungssystem unterliegt, wie alle mechanischen Bauelemente, einem mechanischen Verschleiß. Auch lassen sich damit nur Vorgänge mit relativ einfachen Kennlinien und diese nur in Abhängigkeit von Motordrehzahl und Saugrohrdruck beherrschen.

Die vollelektronische Zündanlage ist die folgerichtige Fortentwicklung der Transistorzündanlage. Alle Funktionen, nämlich Steuern, Schalten und Verstellen, werden elektronisch ausgeführt. Demnach hat die vollelektronische Zündanlage keinen mechanischen Fliehkraft- und Unterdruckversteller mehr. Zu jeder Einzelzündung berechnet ein Mikrocomputer (daher auch teilweise Computerzündung genannt) den jeweils optimalen Zündzeitpunkt.

2.6.2 Aufbau

Bild 63 zeigt das Prinzip einer vollelektronischen Zündanlage. Die Motordrehzahl wird mit einem I- oder Hall-Geber ermittelt. Eine auf der Kurbelwelle sitzende Zahnkranzscheibe ist das rotierende Teil des Gebers. Dazu wird meistens der Zahnkranz auf der Schwungscheibe verwendet. Ein weiterer Geber liefert pro Motorumdrehung ein Bezugssignal für die Zündzeitpunkt-ermittlung. Ein Unterdrucksensor mißt den lastabhängigen Saugrohrunterdruck. Weitere Eingangsinformationen liefert der Drosselklappenschalter sowie Sensoren für Ansauglufttemperatur, Motortemperatur und Luftdruck. Der Zündungscomputer enthält einen sogenannten „Festwertspeicher“, in welchem die Zündverstelllinien des betreffenden Motors exakt und unlöslich gespeichert sind. Während die herkömmlichen mechanischen Zündversteller nur auf die Haupteinflußgrößen Motordrehzahl und Motorlast ansprechen, werden zur elektronischen Zündverstellung weitere wichtige Betriebsdaten, wie beispielsweise Motortemperatur, Drosselklappen-Stellung usw. in den Zündungscomputer eingegeben. Durch diese zusätzlichen Daten wird es möglich, auch komplizierte Zündverstelllinien von Ottomotoren exakt einzuhalten.

Die Endstufe der vollelektronischen Zündanlage arbeitet wie die Endstufe einer TSZ mit Strombegrenzung. Das Oszilloskop kann zur Darstellung der Primär- und Sekundärbilder wie bei einer TSZ angeschlossen werden. Das Normaloszillogramm entspricht dem einer TSZ mit Strombegrenzung.

Die vollelektronische Zündanlage ist das Zündsystem der Zukunft und wird allen Anforderungen gerecht, die an den Kraftverkehr der kommenden Jahrzehnte gestellt sind hinsichtlich

- Abgasgesetzgebung
- Bleifreier Kraftstoff
- Wirtschaftlicher Kraftstoffverbrauch, soweit von der Zündung beeinflussbar

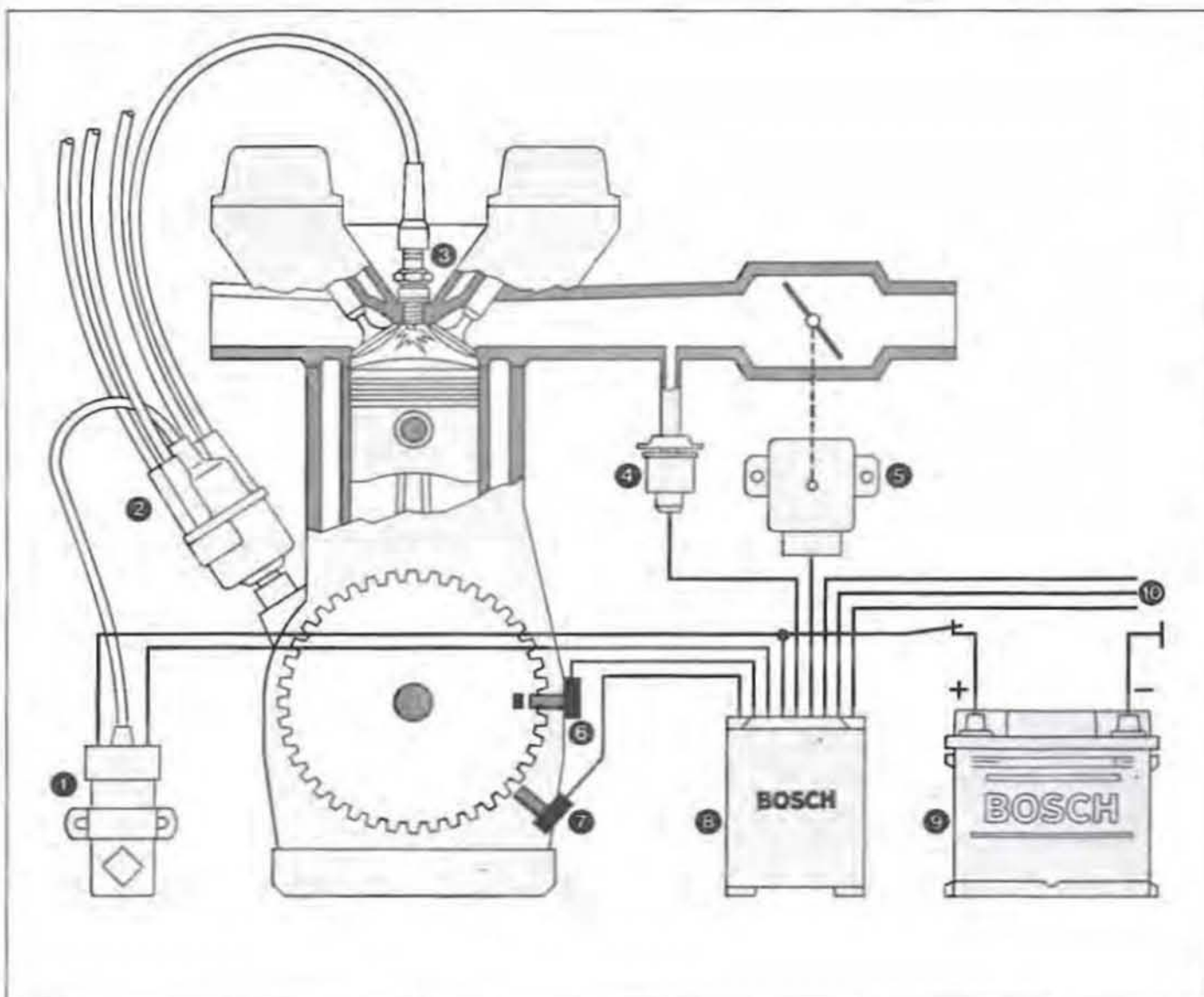


Bild 63
Funktionsprinzip der Bosch-Computer-Zündung

- ① Zündspule
- ② Zündverteiler, nur für die Hochspannungsverteilung
- ③ Zündkerze
- ④ Lastgeber
- ⑤ Drosselklappenschalter
- ⑥ Bezugsmarkengeber
- ⑦ Drehzahlgeber
- ⑧ Elektronisches Steuergerät
- ⑨ Batterie
- ⑩ Zusätzliche Gebereingänge

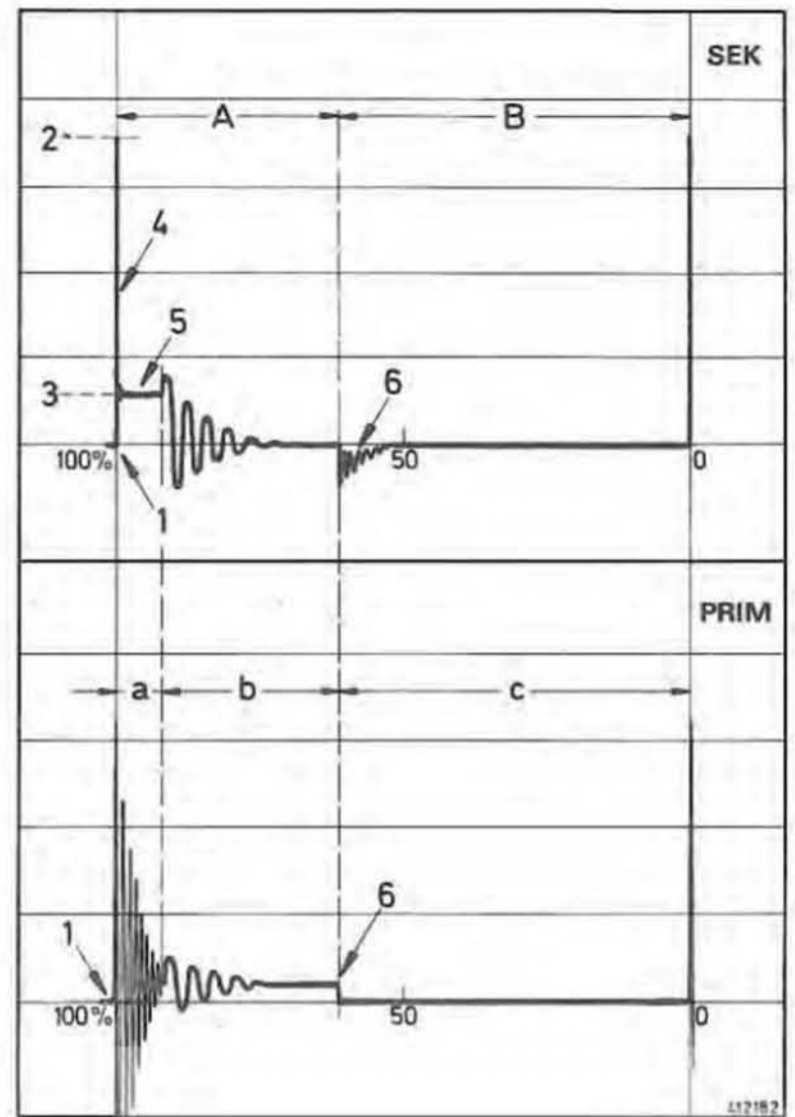
3. Die Normaloszillogramme

3.1 Kontaktgesteuerte Spulenzündung (SZ)

Bild 64 zeigt das Sekundär- und das Primärbild noch einmal zusammen mit den in Kapitel 2.2 erläuterten charakteristischen Merkmalen des Normal-Oszillogramms.

Bild 64

- 1 Unterbrecher öffnet
- 2 Zündspannung
- 3 Brennspannung
- 4 Zündnadel
- 5 Brennspannungslinie
- 6 Unterbrecher schließt
- A Offenzeit } Sekundär-Bild
- B Schließzeit }
- a Funkendauer
- b Offenzeit } Primär-Bild
- c Schließzeit }



64

3.2 Transistor-Spulenzündung (TSZ)

3.2.1 Das Sekundärbild (TSZ) Bild 65

Es unterscheidet sich praktisch nicht vom Sekundärbild der konventionellen kontaktgesteuerten Spulenzündung. Für Schließabschnitt, Zündspannung, Zündfunke und Ausschwingvorgang gilt, was in 2.2 über das Normaloszillogramm der kontaktgesteuerten Spulenzündung gesagt wurde. Statt Unterbrecherkontakte geöffnet oder geschlossen, heißt es jetzt nur, Transistor gesperrt oder durchgeschaltet.

3.2.2 Das Primärbild (TSZ) Bild 65

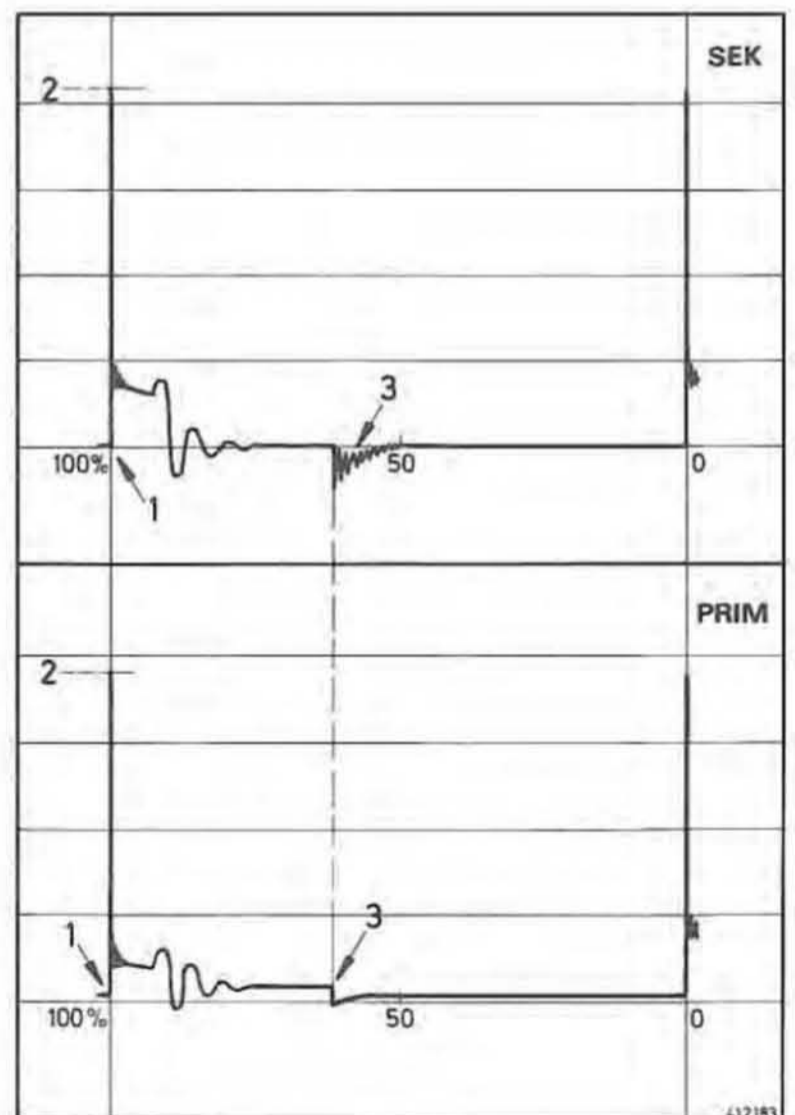
Hier sehen wir schon auf den ersten Blick einen ganz wesentlichen Unterschied gegenüber dem Primärbild der kontaktgesteuerten Spulenzündung. Die gedämpfte Schwingung am Beginn des Öffnungsabschnitts, entstanden aus dem Zusammenwirken von Zündkondensator und Primärwicklung der Zündspule (s. Punkt 1.2.5), fehlt nahezu völlig.

Die Erklärung dafür ist leicht zu finden:

Bei der Transistor-Spulenzündung fehlt der Zündkondensator. Die kleine Schwingung bei Beginn des Öffnungsabschnitts wird nur noch verursacht durch die vorhandenen Schaltkapazitäten und evtl. durch Schutzkondensatoren kleiner Kapazität

Bild 65

- 1 = Transistor sperrt (Zündzeitpunkt)
- 2 = Prim: Zenerspannung, Sek: Zündspannung
- 3 = Transistor schaltet durch



65

am Ausgang der Transistor-Zündung. Das Primärbild ähnelt dadurch sehr stark dem Sekundärbild. Die Funktion der Zündspule, außer als Energiespeicher auch als Transformator zu dienen, wird nicht mehr durch vom Zündkondensator verursachte Zusatzeffekte überdeckt.

Die Primär-Selbstinduktionsspannung beim Sperren des Transistors wird bei vielen Transistorzündungen durch die Zenerdiode auf einen definierten, bei allen Zylindern gleichen Wert begrenzt. Negative Spannungen unterhalb der Nulllinie werden abgeschnitten. Dies ist vor allem bei Ausbleiben des Funkenüberschlags sehr deutlich zu sehen (Bild 66).

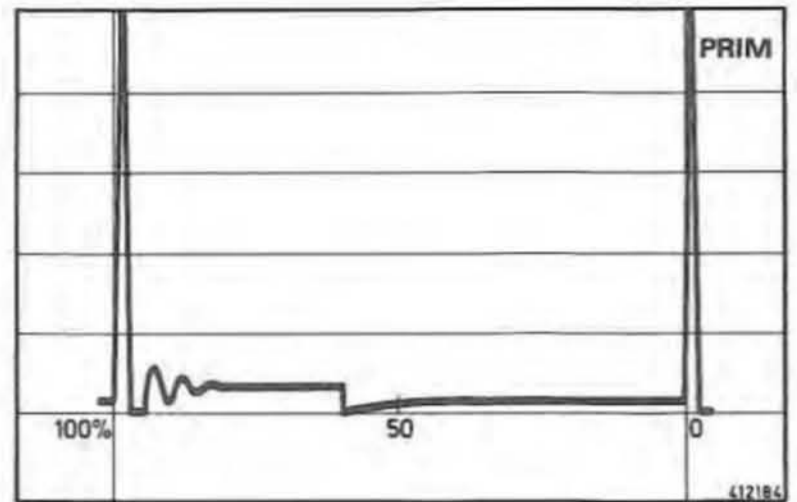
3.2.3 Die Transistorzündung mit veränderlichem Schließwinkel

3.2.3.1 Schließwinkelsteuerung

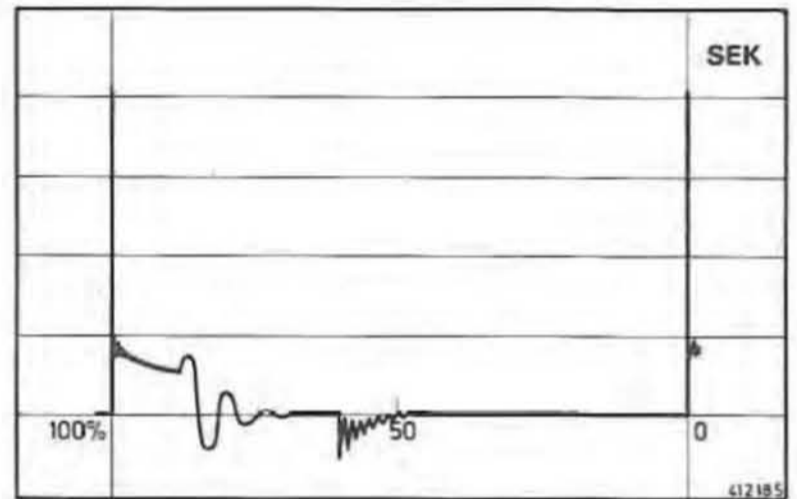
Was wir hier berücksichtigen müssen, ist die Drehzahlabhängigkeit des Schließwinkels und ihre Auswirkung auf die Normaloszillogramme bei hohen Drehzahlen.

Die Bildfolge 67 zeigt, wie mit zunehmender Drehzahl der Schließabschnitt immer größer wird. Der Schließzeitpunkt t_s wandert immer weiter in den Ausschwingvorgang hinein, bis er bei Höchstdrehzahl praktisch am Ende der Brennlinie liegt.

Bild 67 a Drehzahl 1000 min^{-1}
Schließwinkel $\alpha_s \approx \text{ca. } 60\%$

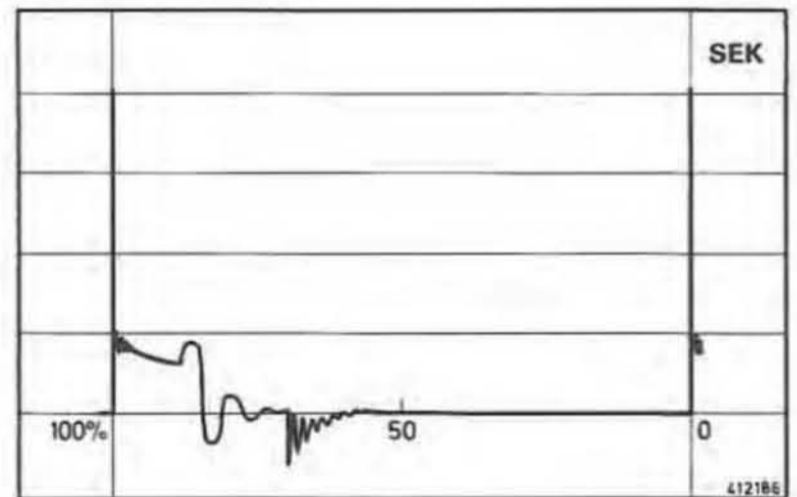


66



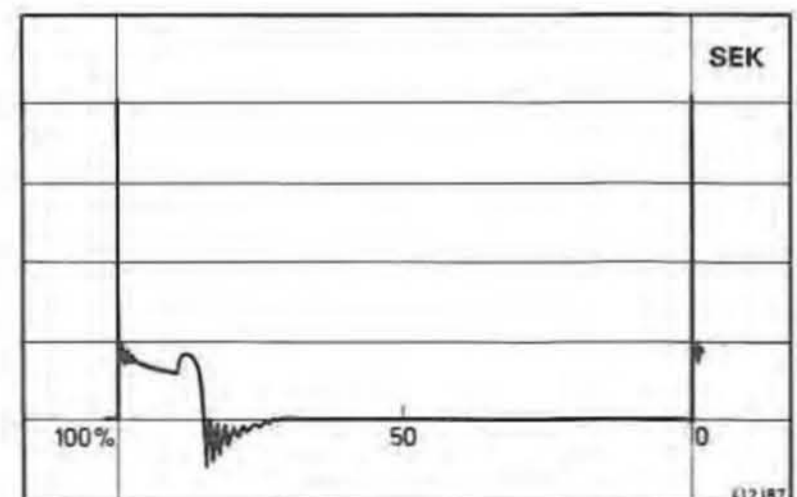
67a

Bild 67 b Drehzahl 3000 min^{-1}
Schließwinkel $\alpha_s \approx \text{ca. } 70\%$



67b

Bild 67 c Drehzahl 5000 min^{-1}
Schließwinkel $\alpha_s \approx \text{ca. } 80\%$



67c

3.2.3.2 Strombegrenzung

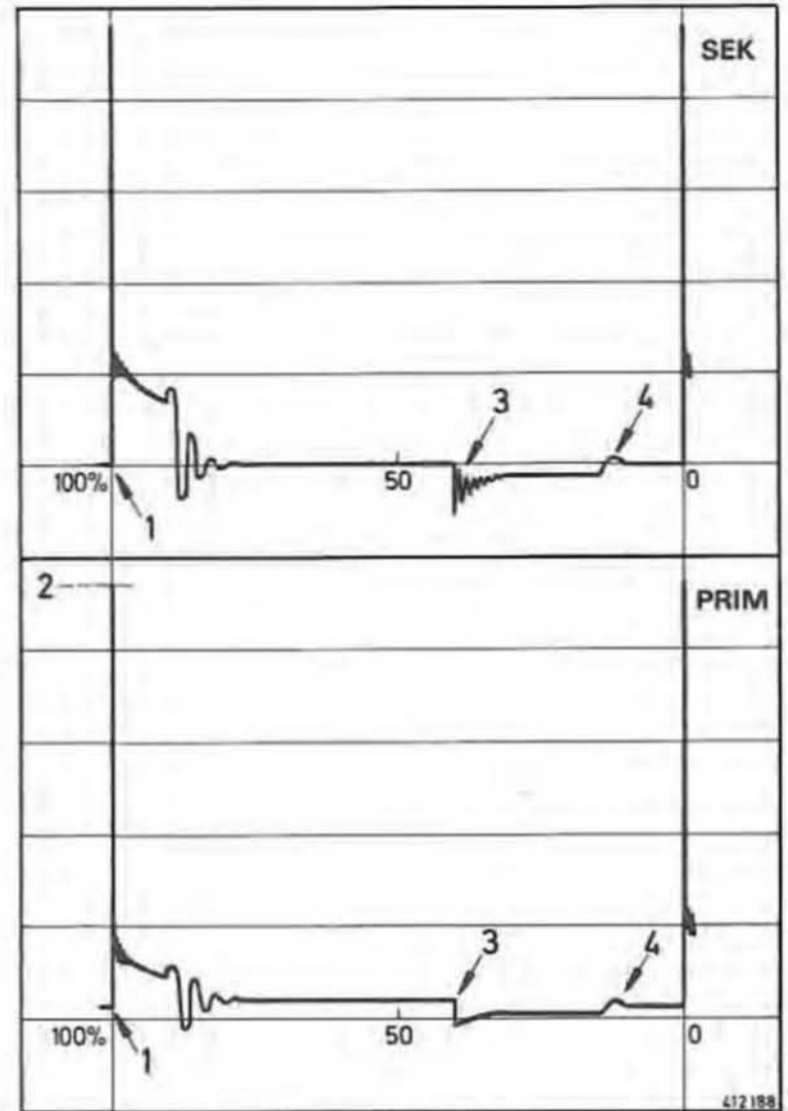
(meist bei Zündanlagen in Hybrid-Bauweise)

Primär- und Sekundärbild unterscheiden sich bei höheren Drehzahlen häufig nicht von dem der Transistorzündung mit Schließwinkelsteuerung.

Vor allem bei niedriger Drehzahl ist jedoch sehr deutlich der Einsatz der Strombegrenzung zu erkennen (Bild 68), wenn im Primärbild noch vor dem Zündzeitpunkt die Spannung wesentlich über die Nulllinie hinaus ansteigt.

Bild 68

- 1 = Transistor sperrt
- 2 = Zenerspannung
- 3 = Transistor schaltet durch
- 4 = Einsatz der Strombegrenzung



68

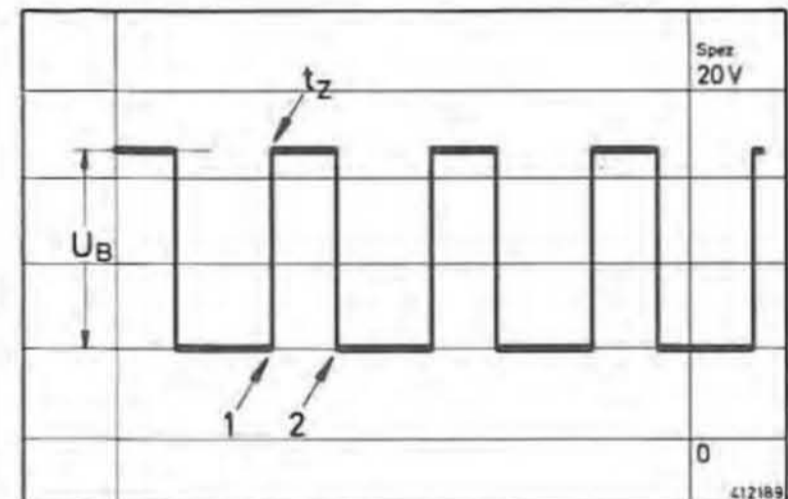
3.2.4 Das Steuerimpulsbild ST_{TSZ}

3.2.4.1 Kontaktgesteuerte Transistorzündung (TSZ-k)

Das Steuerimpuls zeigt eine saubere Rechteckspannung, entsprechend dem Öffnen und Schließen des Unterbrecherkontakts (Bild 69).

Bild 69

- 1 = Kontakt öffnet
- 2 = Kontakt schließt
- t_z = Zündzeitpunkt



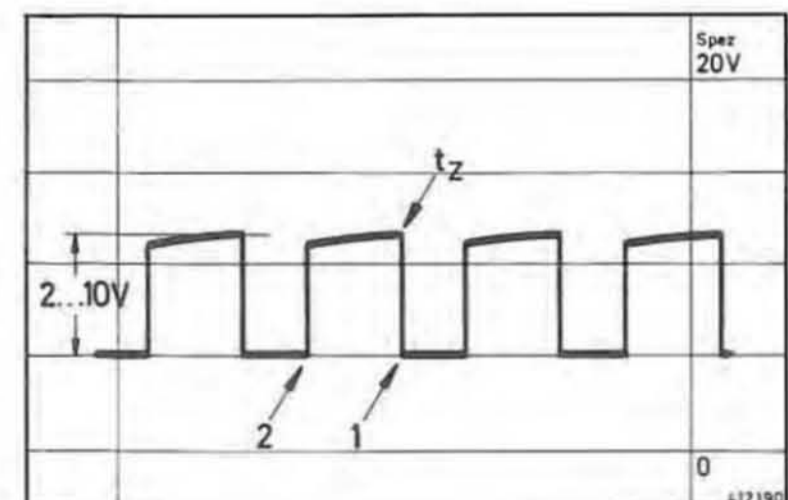
69

3.2.4.2 Transistorzündung mit Hallgeber (TSZ-h)

Auch hier haben wir als Steuerimpulsbild eine Rechteckspannung, aber mit geringerer Höhe des Rechteckimpulses (Bild 70).

Bild 70

- 1 = Blende verläßt die Magnetschranke
- 2 = Blende taucht in die Magnetschranke ein
- t_z = Zündzeitpunkt



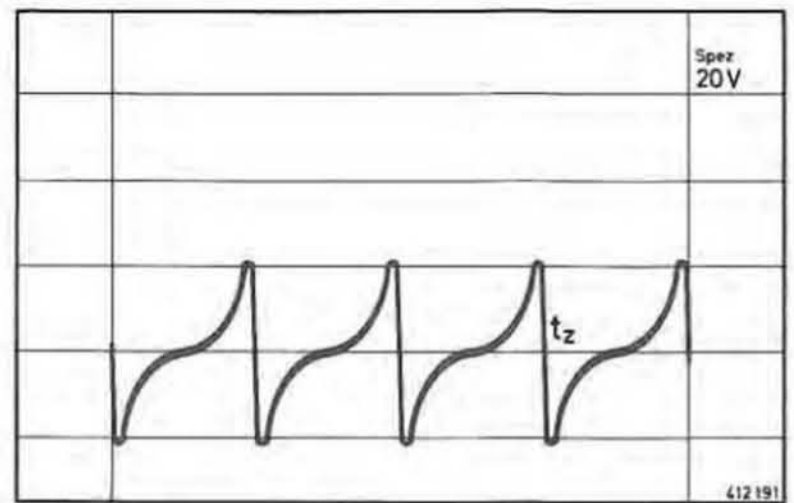
70

3.2.4.3 Transistorzündung mit Induktionsgeber (TSZ-i)

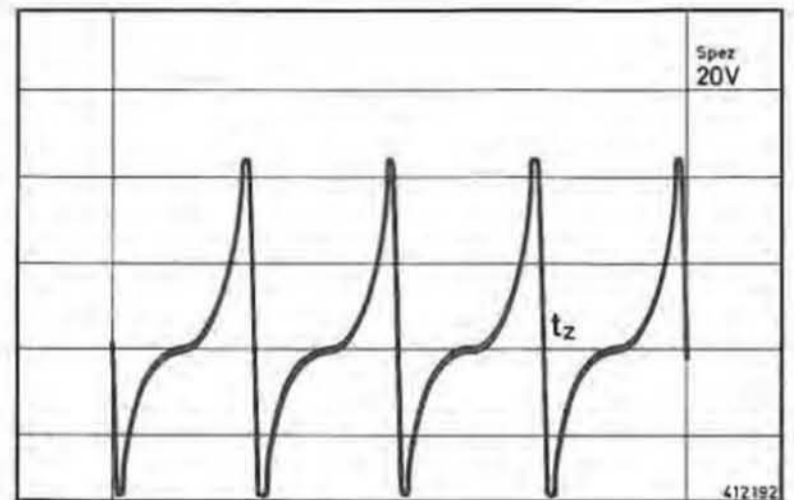
Das Steuerimpulsbild ST zeigt uns den zeitlichen Verlauf der vom Induktionsgeber erzeugten Wechselspannung. Wir müssen dabei 2 Fälle unterscheiden:

- das Steuerimpulsbild des unbelasteten Gebers (Bild 71). Der Geber ist nicht ans Schaltgerät angeschlossen und der Motor wird nur mit dem Anlasser durchgedreht. Positive und negative Halbwelle sind gleich groß.
- das Steuerimpulsbild des belasteten Gebers (Bild 72). Die negative Geberhalbwelle wird durch das angeschlossene Schaltgerät belastet und ist dann kleiner als die positive Halbwelle.

(Bei Hybrid-Schaltgeräten ist die Belastung und damit der Unterschied zwischen beiden Halbwellen nur sehr gering.)



71



72

3.2.5 Besonderheiten

3.2.5.1 TSZ-i mit unsymmetrischem Verteiler

An dieser Stelle müssen wir auch noch auf eine besondere Bauform der TSZ-i eingehen, auf die Ausführung mit unsymmetrischem Verteiler.

Wir verstehen darunter einen Verteiler, bei dem die einzelnen Zylinder keinen konstanten Zündabstand haben, sondern auf Grund der speziellen Bauart des Motors unterschiedliche Zündabstände.

Ein Beispiel dafür ist der von Peugeot, Renault und Volvo eingebaute PRV-Motor mit 6 Zylindern. Entgegen der üblichen Bauart von 6 Zylinder-V-Motoren, bei der die beiden Zylinderblöcke unter 60° zueinander stehen, hat der PRV-Motor zwischen beiden Zylinderblöcken einen Winkel von 90°.

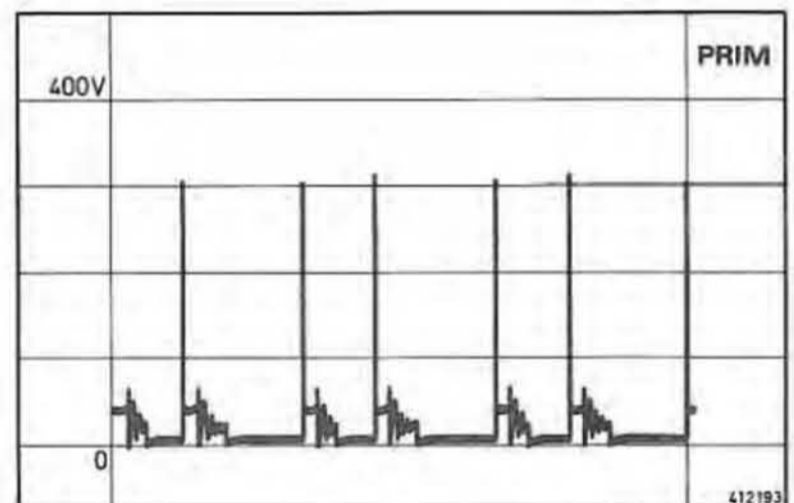
Das führt dazu, daß die Zündabstände aufeinanderfolgender Zylinder nicht gleich sind, sondern auf einen großen Zündabstand folgt ein kleiner und so weiter (Bild 73).

Entsprechend muß natürlich auch der Zündverteiler aufgebaut sein, man erkennt ihn sofort an den unterschiedlichen Abständen der Hochspannungsanschlüsse der Zündverteilerkappe.

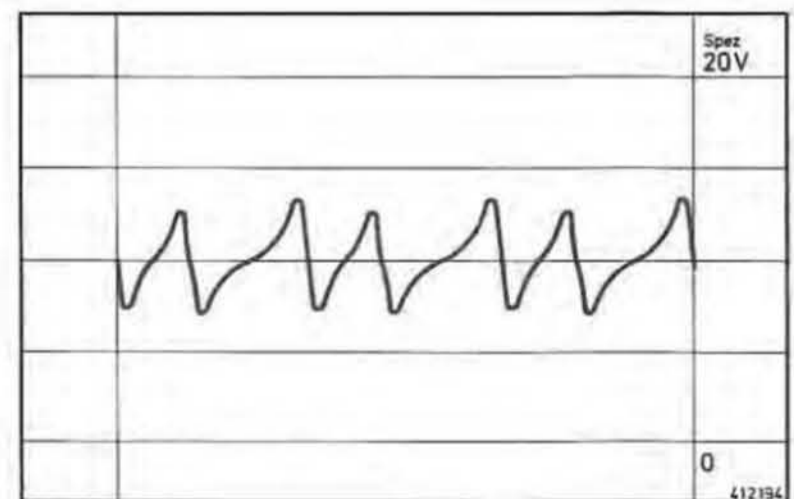
Primär- und Sekundärbild unterscheiden sich nicht grundsätzlich von den Bildern der normalen TSZ-i.

Deutlich zu erkennen ist der unterschiedliche Zündabstand der einzelnen Zylinder in allen Darstellungsarten.

Das Steuerimpulsbild ST ist ebenfalls unsymmetrisch (Bild 74).



73



74

4. Vorbereitung und Hinweise für die Fehlersuche

4.1 Fahrzeug vorbereiten

Die Vorbereitungen am Fahrzeug und Testgerät für die Fehlersuche mit dem Oszilloskop gleichen den Vorbereitungen für den üblichen Zündungstest. Sie sind ausführlich beschrieben in den Bedienungsanleitungen der Testgeräte und vor allem auch in unserem Heft

- Prüfen der Zündanlage und Motormechanik mit BOSCH-Testgeräten, Bestell-Nr. WA-ADF 011/1 (zu beziehen über Ihren zuständigen BOSCH-Dienst gegen eine Schutzgebühr).

4.2 Testgerät anschließen

An Hand des BOSCH-Motortesters MOT 201 soll gezeigt werden, an welchen Punkten bei einer konventionellen, kontaktgesteuerten Spulenzündung angeschlossen werden muß.

Da moderne Motortester heute allgemein so ausgelegt sind, daß unabhängig von der Art des Zündsystems der Anschluß immer an den gleichen Punkten der Zündanlage erfolgen kann, gilt dieses Schema auch für das Primär- und Sekundärbild elektronischer Zündsysteme.

Eine Ausnahme bildet die Hochspannungs-Kondensator-Zündung (HKZ), für die wir die Fehlersuche und damit auch den Anschluß des Testgeräts im Abschnitt 5.7 beschreiben.

Im Gegensatz zu den Primär- und Sekundär-Bildern gibt es für die Darstellung des Steuerimpulsbildes bei elektronischen Zündsystemen kein einheitliches Anschlußschema. Die einzelnen Zündanlagen weichen im konstruktiven Aufbau, in den Ausführungen und in der Belegung Ihrer Anschlüsse zu stark voneinander ab. Wir werden deshalb bei der Beschreibung des Steuerimpulsbildes dieser Zündanlagen auf die Anschlußmöglichkeiten im einzelnen eingehen.

Wir wollen nochmals darauf hinweisen, daß alle diese Anschlußbilder für den BOSCH-Motortester MOT 201 gelten. Bei anderen Testgeräten wird der Anschluß ähnlich durchgeführt. Es müssen jedoch immer die Bedienungshinweise des jeweiligen Testgeräteherstellers beachtet werden. Selbstverständlich sind auch die Hinweise des KFZ- bzw. Zündanlagen-Herstellers zu befolgen.

Wichtig:

Bei der Arbeit an allen elektronischen Zündsystemen – ob kontaktlos oder kontaktgesteuert – können gefährliche Spannungen auftreten. Die nachfolgenden Hinweise sind deshalb zu beachten!

Unfallgefahr an elektronischen Zündsystemen

Elektronische Zündsysteme kommen in Leistungsbereiche, bei denen an der gesamten Zündanlage, d. h. nicht nur an einzelnen Aggregaten, wie Zündspule oder Zündverteiler, sondern auch am Kabelbaum, an Steckverbindungen, Anschlüssen für Prüfgeräte etc., gefährliche Spannungen auftreten können, sowohl sekundär- als auch primärseitig.

Deshalb ist grundsätzlich bei Eingriffen in die Zündanlage die Zündung auszuschalten.

Eingriffe in die Zündanlage sind z. B.:

- Anschluß von Motortestgeräten
- Austausch von Teilen der Zündanlage etc.
- Anschluß von ausgebauten Aggregaten zum Prüfen auf Prüfständen.

Bei eingeschalteter Zündung dürfen an der gesamten Zündanlage keine spannungsführenden Teile berührt werden.

Bei Prüf- und Einstellarbeiten gilt dies auch für sämtliche Fahrzeuganschlüsse der Motortestgeräte und Anschlüsse der Aggregate bei Prüfständen.

Bei Beachtung dieser Hinweise ist die Anwendung der BOSCH-Testgeräte gefahrlos.

Diesen Hinweis sollte man sich auch für Arbeiten an der konventionellen Spulenzündung zur Regel machen.

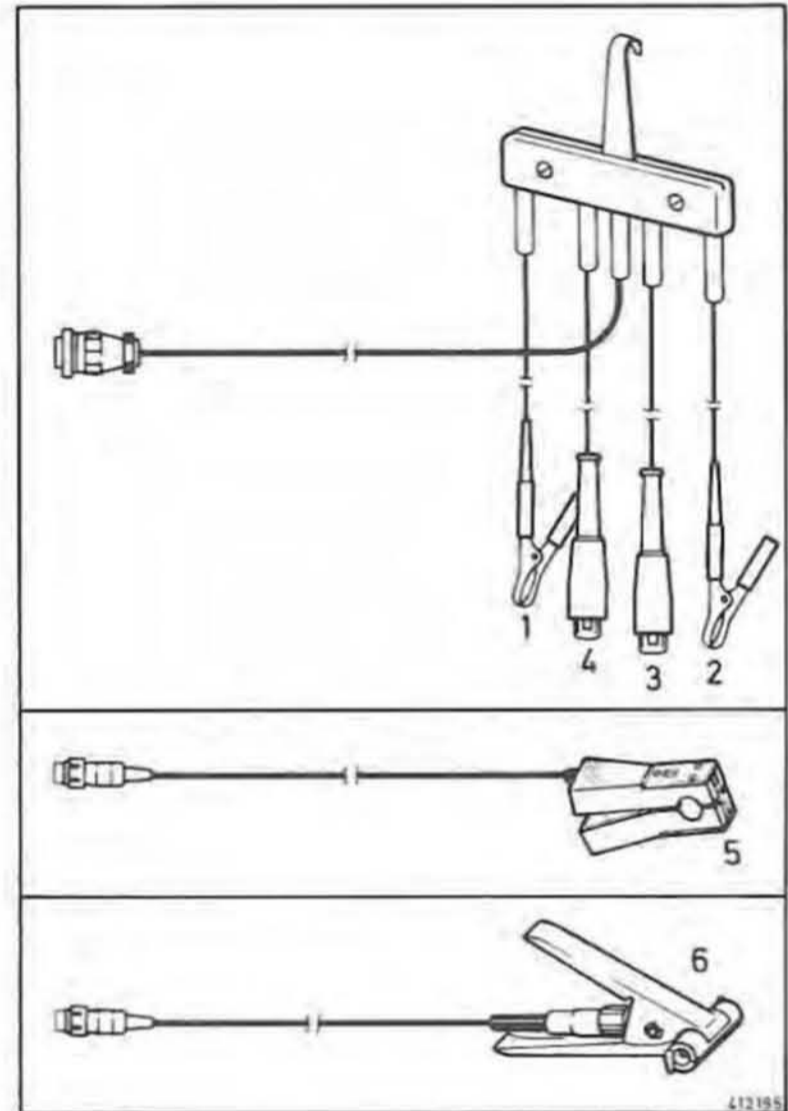


Bild 75

- 1 = Schwarze Klemme an Fahrzeugmasse
- 2 = Rote Klemme an Bordspannung
- 3 = Gelben Klipp an Klemme 15 (+) der Zündspule
- 4 = Grünen Klipp an Klemme 1 (-) der Zündspule
- 5 = Induktiven Zangengeber über Zündkabel des 1. Zylinders
- 6 = kapazitiven Zangengeber über Zündkabel von Klemme 4 zwischen Zündspule und Zündverteiler oder kapazitiven schwarzen Geber in diese Leitung schalten.

4.3 Fehlersuche in Transistor-Spulenzündanlagen

Wie schon in Abschnitt 2.4 erläutert, haben wir es bei den Transistor-Spulenzündanlagen mit einer ganzen Reihe unterschiedlicher Systeme zu tun. Sie unterscheiden sich je nach Fahrzeug- oder Zündanlagen-Hersteller und Baujahr, sowohl im Funktionsprinzip als auch im mechanischen Aufbau oder in der Art der Anschlüsse.

Zusätzlich zu den schon von der kontaktgesteuerten Spulenzündung bekannten Komponenten wie Zündspule, Verteiler, Zündkabel, Zündkerzen usw. kommen neue Baugruppen wie Schaltgeräte und kontaktlose Geber als mögliche Fehlerquellen hinzu.

Aus diesen Gründen gehen wir in den folgenden Kapiteln bei der Fehlersuche nicht nur auf die Auswertung der Oszillogramme ein, sondern wir haben dieser Auswertung ein Fehlersuchschema vorangestellt. Dieses Schema soll Ihnen helfen, durch systematisches Vorgehen Fehler in Transistorzündanlagen rasch und sicher zu finden und zwar weitgehend unabhängig davon, um welche Art von Transistorzündung es sich handelt.

Da unser Schema bei den vielen unterschiedlichen Zündsystemen nur eine Richtschnur sein kann, ist es im Einzelfall sicher möglich, daß die speziellen Fehlersuchanleitungen der Kfz- bzw. Zündanlagen-Hersteller im Detail anders aussehen.

Unterschiede bei den einzelnen Zündanlagen gibt es auf jeden Fall dann, wenn es um die Sollwerte oder Normaloszillogramme für die Beurteilung der richtigen Funktion geht.

Deshalb ist vor Beginn jeder Fehlersuche die Identifizierung des Prüflings von größter Wichtigkeit.

4.3.1 Identifizierung des Zündanlagentypes

Vergewissern Sie sich vor jeder Fehlersuche genau, um welche Art von Zündanlage es sich bei Ihrem Prüfling handelt.

Helfen können Ihnen dabei:

- die Kenntnis des Fahrzeug- und Motortyps, sowie das Baujahr.
- die Unterlagen des Fahrzeug- bzw. des Zündanlagen-Herstellers.
- Testwertblätter z. B. von AUTODATA

zu beziehen von
Fust & Wever
Postfach 819
4300 Essen 1

Falls erforderlich:

Schauen Sie beim elektronischen Schaltgerät oder beim Verteiler nach Typbezeichnungen oder charakteristischen Bauartmerkmalen.

Allgemeingültige Regeln für die Identifizierung einer bestimmten Art von Zündanlagen können wir Ihnen bei der Vielzahl der auf dem Markt befindlichen Typen leider nicht geben.

Wenn wir Ihnen im Folgenden trotzdem einige Bauartmerkmale beschreiben, so handelt es sich hierbei um eine von uns willkürlich getroffene und sicher nicht vollständige Auswahl. Die dazu gemachten Angaben sind selbstverständlich unverbindlich.

Im Einzelfall sind immer nur die Angaben des Kfz-Herstellers oder des Zündanlagen-Herstellers verbindlich. Dies gilt auch für alle genannten Richtwerte oder Oszillogramme für die Fehlersuche, sowie für evtl. genannte Anschluß- oder Klemmenbezeichnungen.

4.3.1.1 Kontaktgesteuerte Transistorzündungen (TSZ-k)

Bauartmerkmale:

Der Unterbrecherkontakt des Zündverteilers ist nicht an die Zündspule angeschlossen, sondern an ein elektronisches Schaltgerät. (Der Zündkondensator am Verteiler kann, muß aber nicht fehlen).

Anwendung:

- serienmäßig z. B. bei älteren Daimler-Benz-Fahrzeugen
- als Nachrüstung bei fast allen Motoren möglich

Bild 76 zeigt einen solchen Nachrüstsatz.



4.3.1.2 Kontaktlose Transistorzündung mit Hallgeber (TSZ-h)

Bauartmerkmale (Verteilerdeckel abgenommen):

Statt eines Unterbrecherkontaktes sitzt auf der Trägerplatte des Verteilers eine Magnetschranke (1). Durch diese Magnetschranke läuft ein Blendenrotor (2), der auf der Verteilerwelle sitzt oder auch Bestandteil des Verteilerläufers sein kann. Die 3 Anschlüsse der Magnetschranke gehen zu einem elektronischen Schaltgerät (Bild 77).

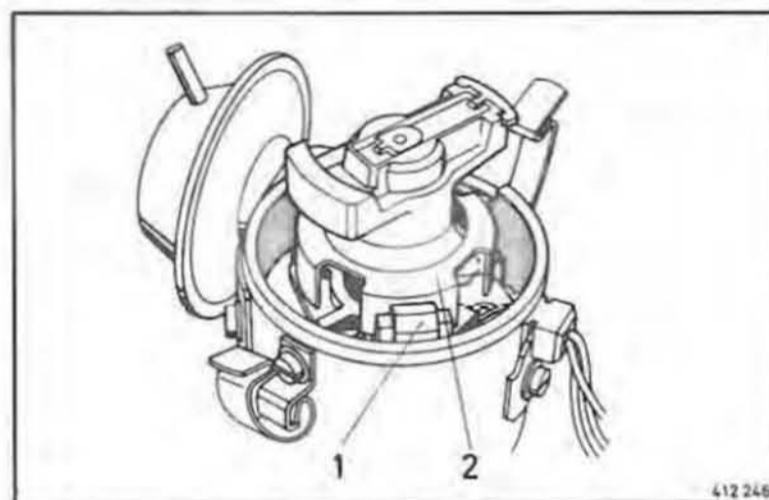


Bild 77

- 1 = Magnetschranke
- 2 = Blendenrotor

Anwendung:

- serienmäßig z. B. in VW- und Chrysler-Fahrzeugen
- als Nachrüstung bei fast allen 4- und 6-Zylinder-Motoren möglich

4.3.1.3 Kontaktlose Transistorzündung mit Induktionsgeber (TSZ-i)

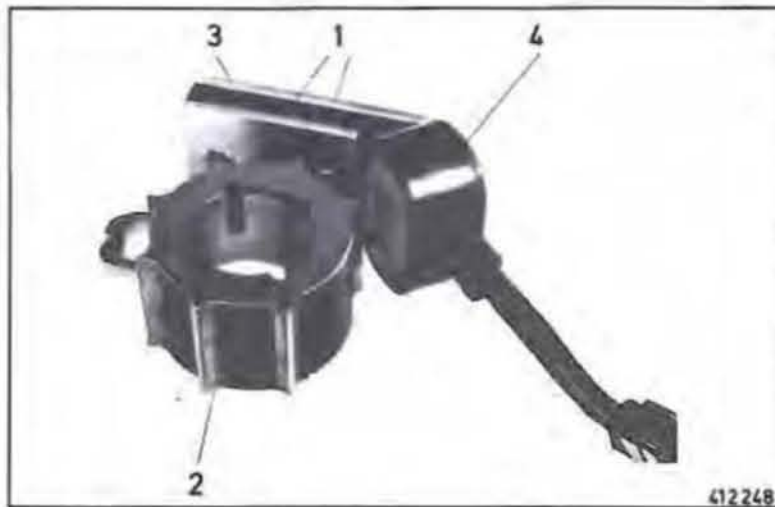
Bauartmerkmale

Unterhalb des Verteilerläufers sitzt, im allgemeinen abgedeckt, ein Induktionsgeber, rotations-symmetrisch z. B. bei BOSCH-Zündanlagen, Bild 78, oder aber auch als Einzahn-Geber ausgeführt, Bild 79.

Die Anschlüsse des Gebers führen zu einem elektronischen Schaltgerät.



78



79

Bild 78/79

- 1 = Stator
- 2 = Rotor
- 3 = Magnet
- 4 = Spule

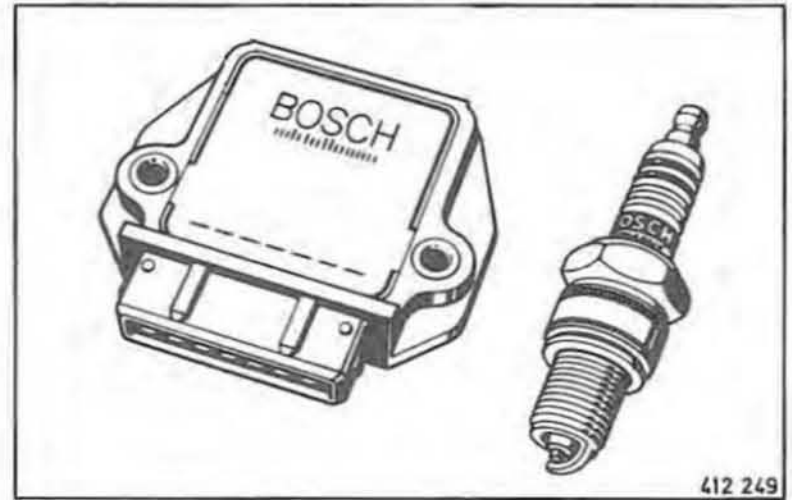
Anwendung:

Die Mehrzahl aller kontaktlosen Zündungen sowohl in europäischen als auch amerikanischen oder japanischen Fahrzeugen ist mit Induktionsgebern ausgerüstet.

4.3.1.4 Transistorzündungen mit Strombegrenzung (meist in Hybrid-Bauweise)

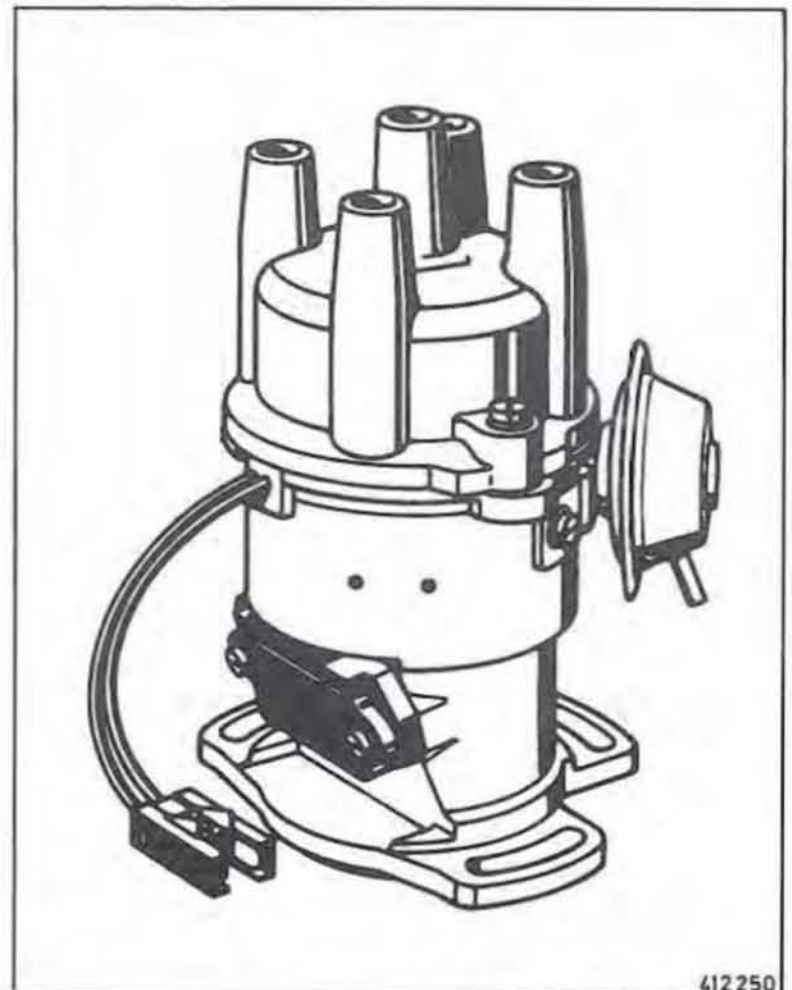
Bauartmerkmale:

Die Hybridtechnik – man versteht darunter einen speziellen Aufbau der elektronischen Bauelemente – ermöglicht eine sehr kleine, gedrängte Bauweise des elektronischen Schaltgeräts, Bild 80 zeigt einen Größenvergleich mit einer Zündkerze.



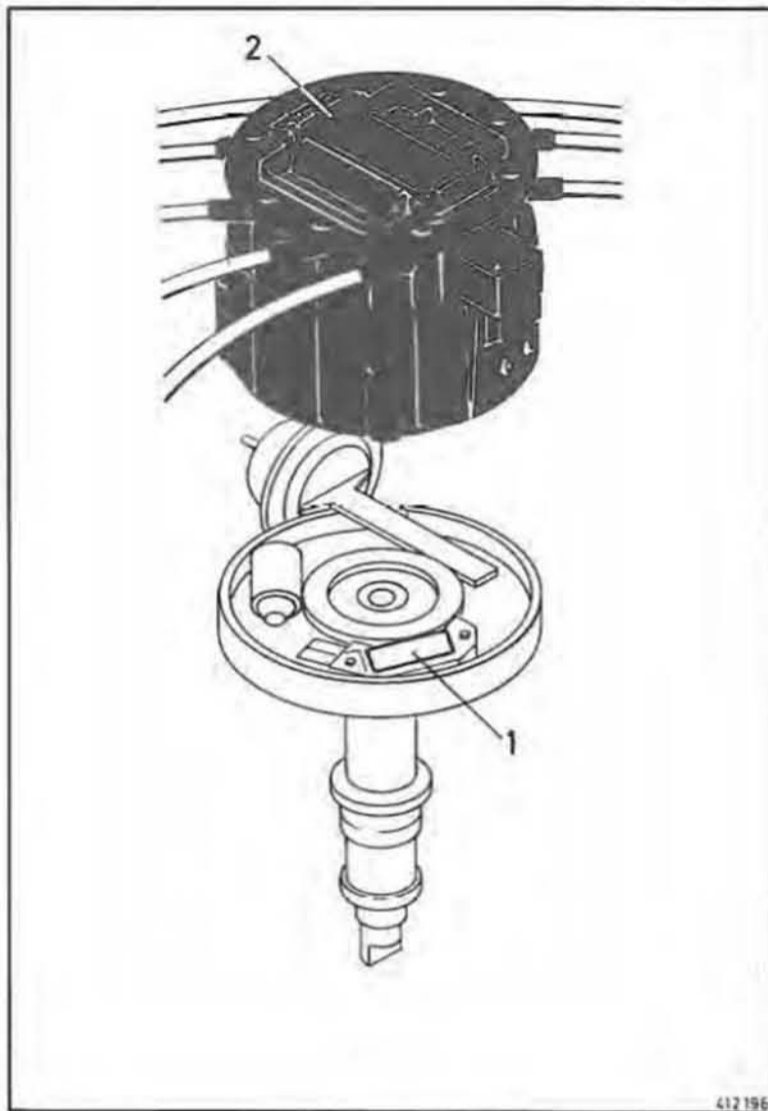
80

Typisches Unterscheidungsmerkmal gegenüber den elektronischen Schaltgeräten in konventioneller Bauweise ohne Strombegrenzung ist das Fehlen der Vorwiderstände im Primärkreis. Die kleinen Schaltgeräte in Hybrid-Bauweise können auch am oder im Zündverteiler selbst untergebracht sein. (Bild 81).



81

Bei der HEI-Zündung von General-Motors (HEI = High Energy Ignition) sind sogar Zündverteiler, elektronisches Schaltgerät und Zündspule zu einer Einheit zusammengebaut. Bild 82.



82

Bild 82

- 1 = Hybrid-Schaltgerät
- 2 = Zündspule

Anwendung:

Die Transistorzündung mit Strombegrenzung in Hybrid-Bauweise gibt es sowohl in Verbindung mit Induktionsgebern als auch mit Hallgeber. Sie löst zunehmend die Schaltgeräte in konventioneller Bauweise ab.

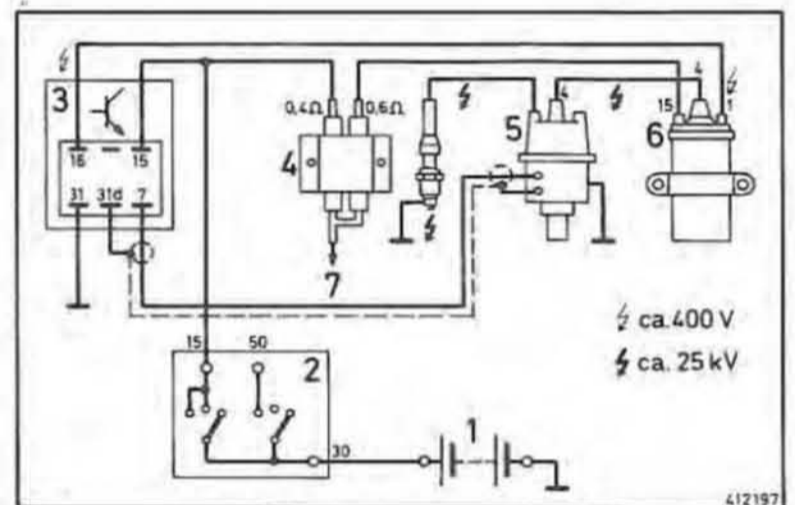
4.3.2 Anschlußbezeichnungen bei Transistorzündanlagen

Bei Transistorzündungen gibt es wegen der Vielzahl der verwendeten Systeme bei den verschiedenen Herstellern keine einheitlichen Bezeichnungen für die Belegung der einzelnen Anschlüsse, Klemmen oder Steckkontakte.

Wenn von uns in den folgenden Abschnitten Anschlußbezeichnungen gebraucht werden, so verwenden wir dafür die in BOSCH-Zündanlagen üblichen Bezeichnungen.

Anschlüsse der elektronischen Schaltgeräte:

- Kl. 15: Spannungsversorgung des elektronischen Schaltgeräts
- Kl. 31: Masseanschluß des elektronischen Schaltgeräts
- Kl. 16: Anschluß von Kl. 1 der Zündspule
- Kl. 31 d: Abschirmung bzw. Masseanschluß des Gebersystems
- Kl. 7: Signalanschluß des Gebersystems
- Kl. 8 h: Spannungsversorgung des Hallgebers



83

Bild 83 zeigt als Beispiel das Schaltbild einer Transistorzündanlage mit den genannten Anschlußbezeichnungen.

- 1 = Batterie
- 2 = Zündschalter
- 3 = Schaltgerät
- 4 = Vorwiderstand
- 5 = Zündverteiler
- 6 = Zündspule
- 7 = Zum Starter Kl. 15 a

Verwenden wir im Einzelfall auch Anschlußbezeichnungen anderer Hersteller, so weisen wir jeweils darauf hin.

Selbstverständlich können diese Angaben nur unverbindlich sein.

4.3.3 Schema für die Fehlersuche bei Transistorzündanlagen

Prüfvoraussetzungen:

Fahrzeuggestaltung geladen, Kraftstoff im Tank, Kraftstoffsystem in Ordnung, Motor- bzw. Umgebungstemperatur größer 0° C. Testgerät vorschriftsmäßig angeschlossen (siehe Anschlußhinweise 4.2).

Achtung!

Leistungsgesteigerte Zündsysteme – gefährliche Hoch- und Niederspannung!

Beachten Sie dazu unbedingt die Hinweise in 4.2.

Starter dreht, Motor springt nicht an, bzw. hat Zündaussetzer oder schlechte Leistung

Primärspannung mit Oszilloskop überprüfen.

Darstellung: Primärbild, Zylinder nebeneinander

keine Primärspannung:

weiter mit „Ansteuerung des Schaltgeräts überprüfen“.

Primärspannung vorhanden:



Sekundärkreis mit Oszilloskop wie in Abschnitt 5.3 beschrieben auf Fehler überprüfen

(Normaloszillogramm des jeweiligen Zündsystems beachten).

Fehler im Sekundärkreis:

Falls erforderlich, Fehler weiter eingrenzen mit Oszilloskop bzw. Ohmmeter. Sekundärkreis instandsetzen.

kein Fehler im Sekundärkreis:



Zünderstellung überprüfen

Einstellung nicht in Ordnung:

Zündung vorschriftsmäßig einstellen

Einstellung in Ordnung:



Spannung an Zündspule Kl. 15 (+) gegen Masse überprüfen.

Messung bei eingeschalteter Zündung und stehendem Motor und beim Starten (Startanhebung) durchführen. Sollwerte beachten!

Spannungswerte nicht in Ordnung:

Primärkreis (Leitungen und Anschlüsse, Zündschalter, Vorwiderstände, Startanhebung, Zündspule) mit Volt- bzw. Ohmmeter auf Unterbrechung oder Spannungsabfälle überprüfen und Fehler beseitigen.

Spannungswerte in Ordnung:



Spannung an Schaltgerät Kl. 15 gegen Masse 31 prüfen.

Dazu Schaltgeräte-Stecker **nicht** abziehen, sondern Gummikappe am Schaltgerätestecker zurückziehen, oder z. B. bei häufig vorkommenden Zündsystemen geeigneten Adapter anfertigen.

Richtwert:

Die Spannung ist bei eingeschalteter Zündung im allgemeinen höchstens 1 V unter der Batteriespannung.

gemessene Spannung zu niedrig:

Leitungen und Anschlüsse vom Zündschalter zum Schaltgerät mit Volt- bzw. Ohmmeter überprüfen und Fehler beseitigen.

Spannungswert in Ordnung:



Spannung an Zündspule Kl. 1 (-) gegen Masse prüfen

(dynamisch bei laufendem Motor).

Richtwert:

Spannung sollte gleich/kleiner 2,0 Volt sein (ausgenommen TSZ mit Strombegrenzung, hier unbedingt Sollwerte beachten!).

gemessene Spannung zu hoch:

Schaltgerät erneuern

Spannungswert in Ordnung:



Schließwinkel überprüfen

Achtung:

Im allgemeinen wird bei kontaktlosen Zündungen für die Schließwinkel-Messung eine bestimmte Motordrehzahl vorgeschrieben. Motordrehzahl und Sollwerte beachten!

gemessener Schließwinkel nicht in Ordnung:

Ansteuerung des Schaltgerätes überprüfen. Wenn Ansteuerung in Ordnung, dann Schaltgerät erneuern.

Schließwinkel in Ordnung:



Höhe der Primärspannung mit Oszilloskop überprüfen.

Motor im Leerlauf betreiben. Sollwerte beachten!

Primärspannung nicht in Ordnung:

Schaltgerät erneuern

Primärspannung in Ordnung:

Motor muß anspringen, bzw. Motorleistung muß vorhanden sein, andernfalls mechanischer Defekt.

Starter dreht, Motor springt nicht an, keine Primärspannung vorhanden:

Ansteuerung des Schaltgeräts überprüfen.

Dazu Steuerimpulsbild mit Oszilloskop nach Abschnitt 5.3 überprüfen (Anschlußklemmen und Normaloszillogramm des jeweiligen Zündanlagentyps beachten).

Ansteuerung des Schaltgeräts nicht in Ordnung:
Gebersystem erneuern.

Schaltgerät wird ordnungsgemäß angesteuert:



Spannungsversorgung von Schaltgerät überprüfen.

Schaltgeräte-Stecker abziehen und Spannung zwischen Schaltgeräte-Stecker Kl. 15 und Masse Kl. 31 bei eingeschalteter Zündung prüfen.

Richtwert:

Spannung sollte gleich der Batteriespannung sein.

keine oder zu niedrige Spannung:

Leitungen und Anschlüsse vom Zündschalter zum Schaltgerät mit Volt- bzw. Ohmmeter überprüfen und Unterbrechung beseitigen.

Spannung in Ordnung:



Primärkreis überprüfen.

Dazu bei abgezogenem Schaltgeräte-Stecker Spannung zwischen Schaltgeräte-Stecker Kl. 16 (Verbindung zu Zündspule Kl. 1) und Masse Kl. 31 bei eingeschalteter Zündung prüfen.

Richtwert:

Spannung sollte gleich der Batteriespannung sein.

keine oder zu niedrige Spannung:

Primärkreis von Zündschalter zu Zündspule Kl. 15, Primärwicklung der Zündspule sowie Leitung von Zündspule Kl. 1 zu Schaltgerät Kl. 16 und Masseleitung mit Volt- bzw. Ohmmeter überprüfen und Unterbrechung beseitigen.

Spannung in Ordnung:

Primärspannung muß vorhanden sein, andernfalls ist Schaltgerät defekt und muß erneuert werden.

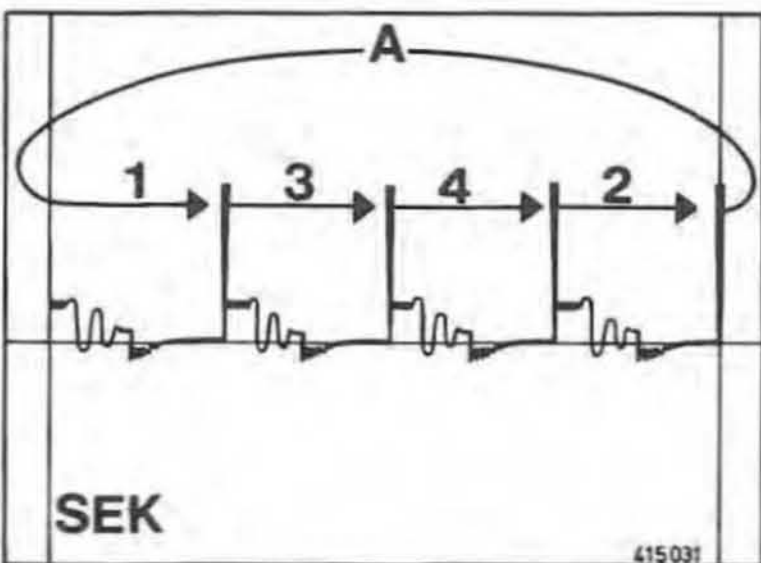
5. Fehler und dazugehörige Oszillogramme

5.1 Einführung

In den folgenden Abschnitten beschreiben wir charakteristische Fehler in der Zündanlage und die dadurch verursachten Abweichungen vom Normaloszillogramm.

5.2 Hinweise zur Auswertung

- Die gezeigten Fehlerbilder sind Muster-Beispiele. Von diesen „idealen“ Bildern können sich in der Praxis Abweichungen ergeben. Entscheidend für die richtige Auswertung ist nur, daß der beschriebene charakteristische Verlauf richtig erkannt wird.
- Die Normaloszillogramme der verschiedenen Zündsysteme weichen z. Teil erheblich voneinander ab. Vergewissern Sie sich deshalb unbedingt vor Beginn der Fehlersuche, mit welcher Art von Zündsystem Sie es zu tun haben. Wenn bei verschiedenen Zündsystemen eine unterschiedliche Auswertung der Fehlerbilder erfolgen könnte, haben wir auf die Verwechslungsmöglichkeit besonders hingewiesen.
- Werden in den nachfolgenden Beschreibungen in Einzelfällen Sollwerte für bestimmte Meßgrößen genannt, so kann es sich dabei selbstverständlich nur um Richtwerte handeln. Verbindlich sind immer die Angaben des Fahrzeugherstellers. Gleiches gilt natürlich auch für die Werte in den abgebildeten Oszillogrammen.
- In Abhängigkeit von der Motordrehzahl oder von der Belastung des Motors können Abweichungen in den Oszillogrammen auftreten. Die abgebildeten Oszillogramme sind charakteristisch für den unbelasteten Motor und für Drehzahlen unter 1200 U/min, ausgenommen dort, wo wir bei bestimmten Bildern besonders auf andere Motordrehzahlen oder andere Belastungen hingewiesen haben.
- Beim praktischen Einsatz des Gerätes wird es vorkommen, daß im Oszillogramm an einem Zylinder ein Fehler sichtbar ist und Sie nun feststellen wollen, welcher Zylinder des Motors dafür in Frage kommt. Hier hilft eine einfache Regel:



84

Oszillogramm aller Zylinder nebeneinander

Wenn Sie den induktiven Zangengeber, wie empfohlen, an den 1. Zylinder anschließen, stehen die Zylinder beim Oszillogramm **aller Zylinder nebeneinander** in der Reihenfolge der Zündfolge auf dem Bildschirm. Nur die Zündspannungsnadel des 1. Zylinders steht rechts außen.

Bild 84

A = Die letzte Zündspannungsnadel (ganz rechts auf dem Bildschirm) gehört zu dem Zylinder, an dem der induktive Zangengeber angeschlossen ist – in diesem Fall zum 1. Zylinder der Zündfolge.

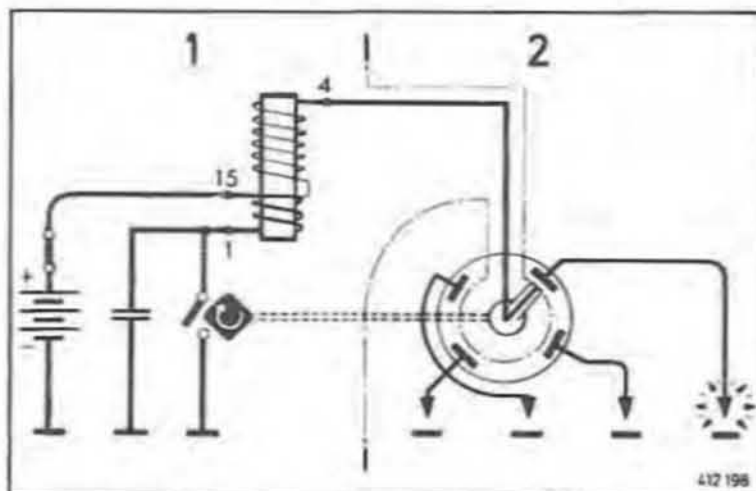
1–3–4–2 = Zündfolge

Wenn Sie mit dem induktiven Zangengeber, wie empfohlen, an den 1. Zylinder anschließen, steht beim Oszillogramm **aller Zylinder übereinander** der 1. Zylinder beim MOT 201 oben. Bei anderen Testern kann der 1. Zylinder auch unten stehen. Entsprechend der Zündfolge des zu testenden Motors folgen dann die anderen Zylinder.

Merkregel für die Fehlersuche

(Bild 85)

- Zeigt sich der Fehler bei allen Zylindern, so liegt der Fehler im Primärstromkreis oder im Sekundärstromkreis bis zum Verteilereingang (einschließlich Verteilerläufer).
- Zeigt sich der Fehler nur an einem Zylinder, so liegt der Fehler im Sekundärstromkreis nach dem Verteilerläufer.



85

5.3 Fehler, die bei allen Zündsystemen gleich sind

(Ausgenommen die Hochspannungs-Kondensatorzündung HKZ.)

5.3.1 Fehler, die die Zündspannungsnadel verändern

5.3.1.1 Unterschiedliche Zündspannungen

Über die Skala auf dem Oszilloskop wird die Höhe der Zündspannung in kV gemessen.

1 kV = 1 Kilovolt = 1000 Volt.

Die Tabelle zeigt im Detail, von welchen Faktoren die Höhe der Zündspannung abhängig ist. Deshalb ist es nicht sinnvoll, Richtwerte für die absolute Höhe der Zündspannung anzugeben.

Wichtiger als die Höhe der Zündspannung ist ihre Gleichmäßigkeit bei allen Zylindern

Fehlerbild: Bild 86

Unterschiede in der Zündspannung einzelner Zylinder größer 4 kV.

Fehlerursache:

Elektrodenabstände der Zündkerzen unterschiedlich.

Zündkerzen überprüfen und reinigen, auf einheitlichen Elektrodenabstand achten. Ist nach Wiedereinbau der Kerzen der Spannungsunterschied immer noch zu groß:

Kerzen untereinander vertauschen.

Wandert der Fehler mit:

Entsprechende Zündkerze defekt, am besten den ganzen Kerzensatz erneuern.

Wandert der Fehler nicht mit und die Zündspannung ist zu niedrig:

Defekt in der Motormechnik, Zylinder z. B. mit Druckverlust-Tester auf Dichtheit prüfen.

Wandert der Fehler nicht mit und die Zündspannung ist zu hoch:

Vorfunkstrecke im Sekundärkreis. Verteiler, Zündkabel und Entstörschalter mit Ohmmeter auf Unterbrechung überprüfen. Bei Unterbrechung zeigt das Ohmmeter einen unendlich hohen (∞) Widerstand an.

Fehlerbild: Bild 87

Zündspannung in bestimmter Reihenfolge zu hoch bzw. zu niedrig. (Z. B. bei jedem 2. Zylinder).

Fehlerursache:

Bei Mehrvergaseranlagen kann eine schlechte Synchronisation die Ursache sein. Gemischaufbereitung überprüfen.

Tabelle

Für die Höhe der Zündspannung ausschlaggebende Faktoren	Zündspannung	
	hoch	niedrig
*Elektrodenabstand	groß	klein
Kompression	hoch	niedrig
Gemischbildung	mager	richtig
Polarität des Zündfunktens	falsch	richtig – negativer Zündimpuls
Elektroden- (Motor-) Temperatur	niedrig	hoch
*Elektrodenmaterial	ungünstige Legierung	besonders ausgewählte Legierung
*Elektrodenform	rund	scharfkantig
*Elektrodenzustand	abgebrannt	neu
Zündzeitpunkt	spät	früh
Zündkabel	Unterbrechung	–

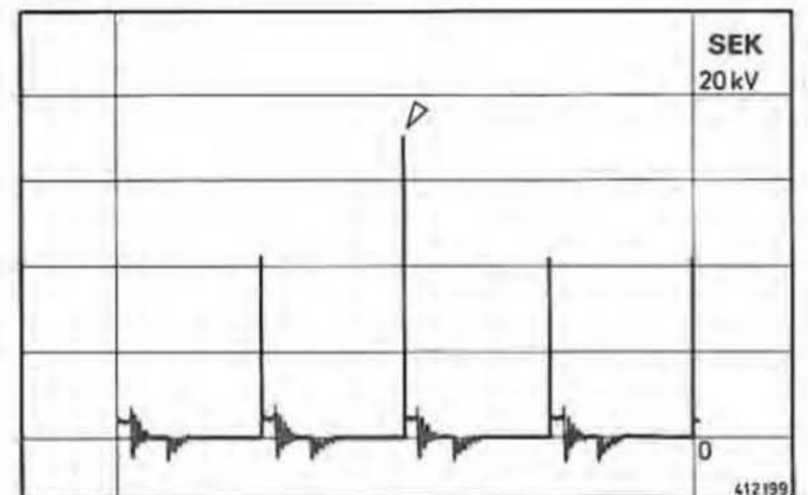
* = werden von der Zündkerze bestimmt.

Darstellung: Sekundärbild

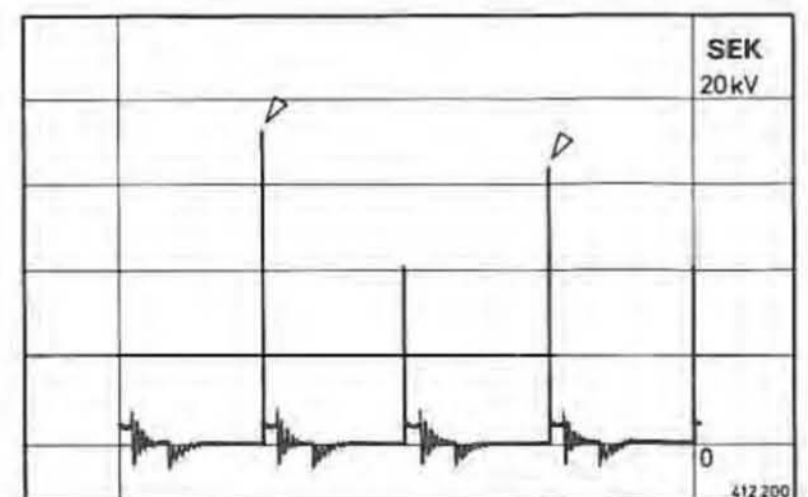
Zylinder nebeneinander

Oszillogramm auf Null-Linie eingestellt.

Bilddehnung in Grundstellung (geeicht).



86



87

5.3.1.2 Zündkerzentest

Wie die Zündspannung gemessen wird, haben wir im vorhergehenden Abschnitt beschrieben.

Die gemessenen Zündspannungen sind relativ niedrig und liegen allgemein zwischen 10 und 15 kV. Wenn der Motor belastet wird, steigt die Zündspannung wesentlich an. Einen belastungsähnlichen Zustand kann man erreichen, indem man, ausgehend von einer Motordrehzahl von ca. 1000 U/min, schlagartig Gas gibt. In dem kurzen Moment, bis der Motor die neu eingestellte Drehzahl erreicht hat, wirkt die Masseträgheit der umlaufenden Teile als Belastung und die Zündspannung steigt an.

Die Zündspannungserhöhung wird auch vom Abstand der Kerzenelektroden mit bestimmt. Unterschiedliche Elektrodenabstände führen beim Zündkerzentest auch zu unterschiedlichen Zündspannungserhöhungen.

Fehlerbild: (Bild 88)

Zündspannung steigt um wesentlich mehr als 5 kV an oder Unterschied zwischen den Zündspannungen der einzelnen Zylinder mehr als 4 kV.

Fehlersuche:

Elektrodenabstände der Zündkerzen unterschiedlich bzw. zu groß. Zündkerzen überprüfen und falls erforderlich erneuern.

5.3.2 Fehler, die die Zündspannungsnadel und die Brennspannungslinie verändern

Achtung!

Bei den nachfolgenden Prüfungen ist es zum Teil erforderlich, daß Hochspannungskabel z. B. an der Kerze abgezogen werden.

Um eine Gefährdung der Zündanlage selbst oder gar des Bedieners auszuschließen, dürfen diese Prüfungen **nur an konventionellen, kontaktgesteuerten Spulenzündungen (SZ)** durchgeführt werden.

Bei allen elektronischen Zündsystemen, ob Transistorzündung oder Hochspannungs-Kondensator-Zündung **ist eine Unterbrechung des Sekundärkreises**, z. B. durch Abziehen eines Kerzensteckers, nicht zulässig.

Die bei Unterbrechung des Sekundärkreises auftretende Hochspannung kann die Zündanlage beschädigen und den Bediener gefährden!

5.3.2.1 Hochspannungsisolation defekt

Elektrischer Strom geht immer den Weg des geringsten Widerstandes. Wenn also die Hochspannungsisolation von Zündspule, Kabel, Verteiler oder Kerzen Risse und Kriechwege aufweist, dann kann der Zündfunke an diesen Stellen anstatt an den Elektroden der Kerze überspringen. Die Folge davon sind Zündaussetzer.

Fehlerbild: (Bild 89)

Defekte Hochspannungsisolation erkennt man oft im Oszillogramm daran, daß die Zündspannungsnadel kleiner und die Brennspannungslinie niedriger ist.

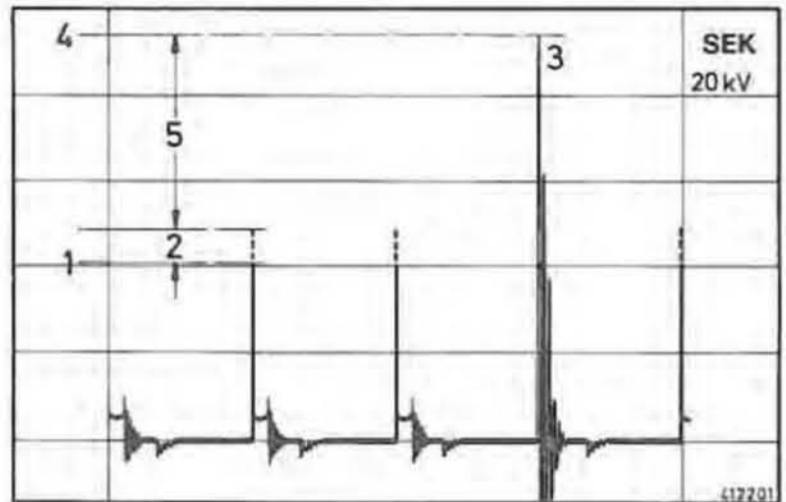
Verschärfte Isolationsprüfung

Eine verschärfte Isolationsprüfung wird erreicht, wenn man nacheinander jeweils einen Kerzenstecker abzieht. (**Achtung, nur bei konventionellen, kontaktgesteuerten Spulenzündungen zulässig**).

Darstellung: Sekundärbild

Zylinder nebeneinander

Oszillogramm auf Null-Linie eingestellt.
Bilddehnung in Grundstellung (geeicht).



88

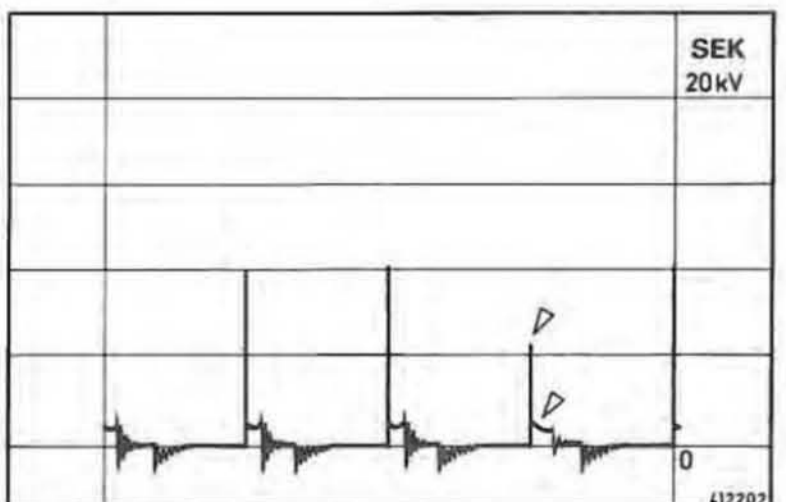
Bild 88

- 1 = Zündspannung bei laufendem Motor
- 2 = Erhöhung beim Gasgeben
- 3 = Kerzenstecker abgezogen
- 4 = Zündspulen-Leerlaufspannung
- 5 = Reserve

Darstellung: Sekundärbild

Zylinder nebeneinander

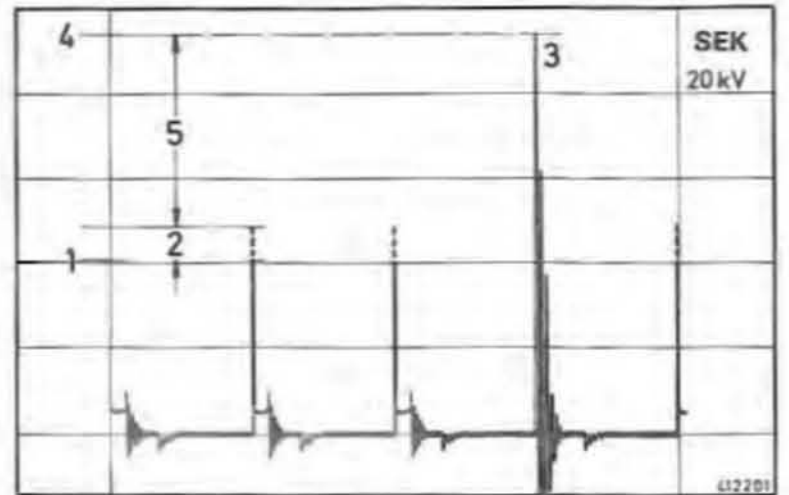
Oszillogramm auf Null-Linie eingestellt.
Bilddehnung in Grundstellung (geeicht).



89

Gutbild: (Bild 88)

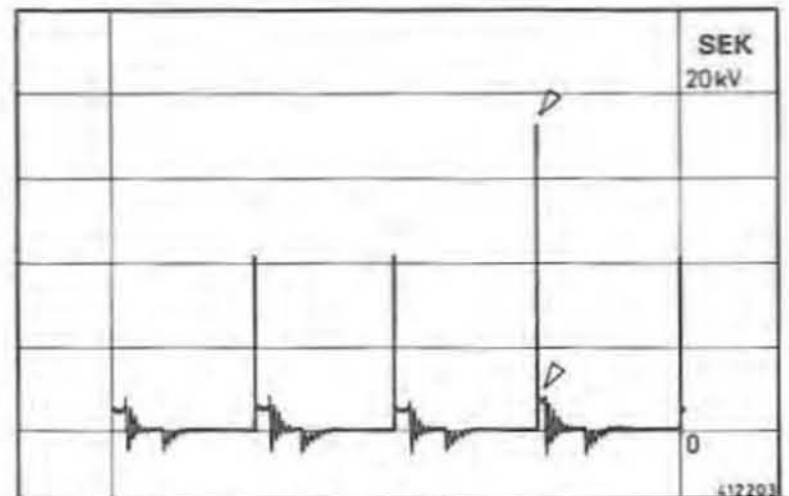
Wenn die Hochspannungs-Isolation in Ordnung ist, sehen Sie im Oszillogramm an diesem Zylinder anstelle von Zündspannungsnadel, Brennspannungslinie und Ausschwingvorgang eine große, gedämpfte Schwingung, die mindestens 1/3 über die Nulllinie nach unten hinausgeht.



88

Fehlerbild: (Bild 90)

Bei defekter Hochspannungs-Isolation sehen Sie anstelle der gedämpften Schwingung eine höhere Hochspannungsnadel sowie höhere und kürzere Brennspannung.



90

5.3.2.2 Zu geringe Zündspannungsreserve

Um festzustellen, ob die Leistung der Zündspule auch unter extremen Bedingungen noch ausreicht, kann die sogenannte Zündspannungsreserve festgestellt werden. Dazu wird, wie auch in 5.3.2.1 beschrieben, ein beliebiger Kerzenstecker von der Kerze abgezogen. Da nun, einwandfreie Hochspannungs-isolation vorausgesetzt, kein Zündfunke mehr überspringen kann, entsteht eine große, gedämpfte Schwingung. Der Maximalwert dieser Schwingung, die sogenannte Zündspulen-Leerlaufspannung, im Vergleich zur Zündspannung bei Belastung, gibt einen Anhaltspunkt für die Zündspannungsreserve.

Fehlerbild: (Bild 88)

Bei zu geringer Zündspannungsreserve liegt die Zündspulen-Leerlaufspannung weniger als 30% über der Zündspannung bei Belastung durch einen Gaspedalstoß.

Fehlerursache:

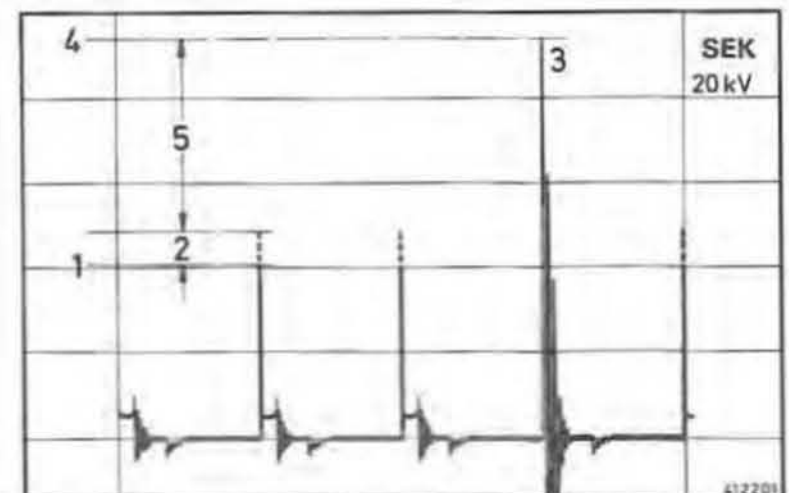
Zu große Widerstände im Primärkreis, falscher Schließwinkel, Zündspule bzw. Zündkondensator defekt, oder zu großer Elektrodenabbrand an den Zündkerzen.

Darstellung: Sekundärbild

Zylinder nebeneinander

Oszillogramm auf Null-Linie eingestellt.

Bilddehnung in Grundstellung (geeicht).



88

5.3.3 Fehler, die nur die Brennspannungslinie verändern

5.3.3.1 Entstörwiderstände defekt

Entstörwiderstände und Widerstandszündkabel können verbrennen oder verkohlen. Dadurch erhöht sich ihr Widerstand im Vergleich zum Sollwert ganz erheblich. Durch diesen unzulässig hohen Widerstand geht Zündenergie verloren. Dies macht sich im Fahrbetrieb durch Aussetzer beim Beschleunigen oder durch ungenügende Motorleistung bemerkbar.

Fehlerbild: (Bild 91)

Die Brennspannungslinie **aller** Zylinder ist schräg und liegt zu hoch.

Fehlerursache:

Entstörwiderstand im Verteilerfinger oder Widerstandskabel zwischen Zündspule und Zündverteiler defekt. Fehler mit Ohmmeter lokalisieren.

Hinweis:

Vor allem Transistorzündungen können schon serienmäßig mit relativ hohen Entstörwiderständen ausgerüstet sein.

Auch bei ordnungsgemäßem Zustand ist bei diesen Zündanlagen die Brennspannungslinie aller Zylinder leicht schräg, allerdings nicht so ausgeprägt wie bei einem defekten Entstörwiderstand (s. Bild 68).

Fehlerbild: (Bild 92)

Die Brennspannungslinie eines einzelnen Zylinders ist schräg und liegt zu hoch.

Deutlich zu sehen auch bei der Darstellung der Zylinder ineinander.

Fehlerursache:

Entstörwiderstand in einem einzelnen Kerzenstecker oder Widerstandskabel zwischen Zündverteiler und einer bestimmten Kerze defekt. Fehler mit Ohmmeter lokalisieren.

Bei defekten Entstörwiderständen kann es vorkommen, daß die Widerstandserhöhung verbunden ist mit einer totalen Unterbrechung, die dann als Vorfunkkenstrecke wirkt. Im Oszillogramm sieht man dann außer der schräg liegenden Brennspannungslinie auch eine höhere Zündspannungsnadel.

5.3.3.2 Verschmutzte Zündkerze

Fehlerbild: (Bild 93)

Die Brennspannungslinie ist schräg und unruhig, manchmal auch von kleinen Schwingungen überlagert. Der Ansatzpunkt der Brennspannungslinie springt.

Fehlerursache:

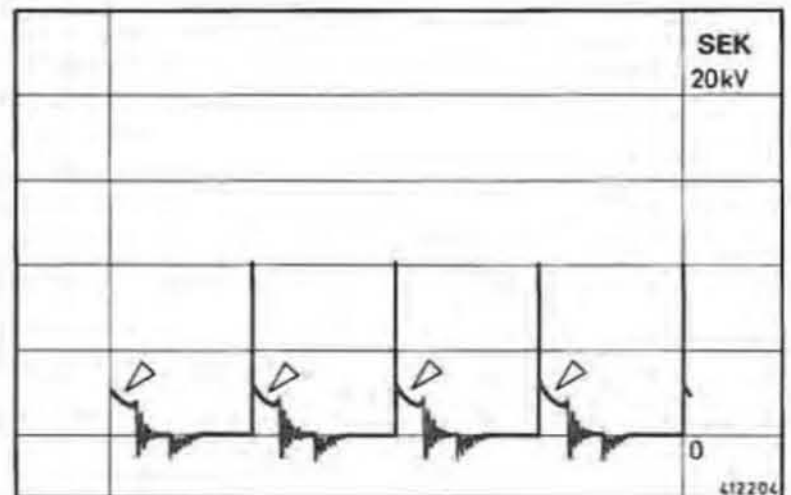
Die entsprechende Zündkerze ist stark verrußt oder verölt. Zündkerze reinigen und überprüfen.

Darstellung: Sekundärbild

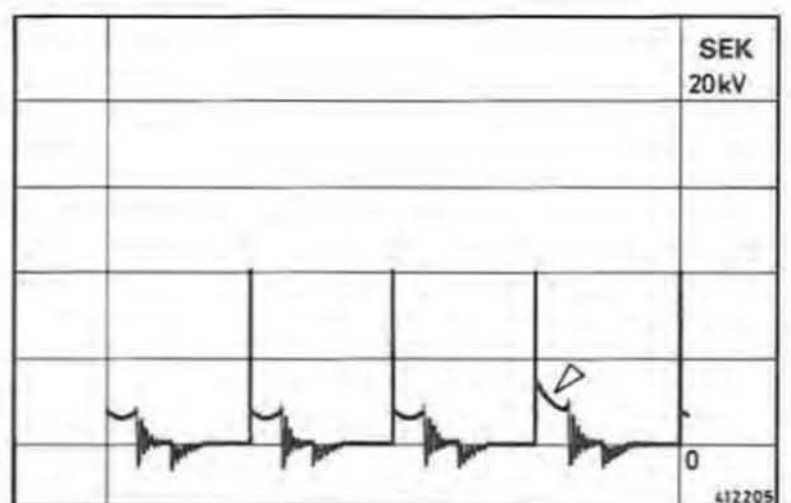
Zylinder nebeneinander

Oszillogramm auf Nulllinie eingestellt

Bilddehnung in Grundstellung (geeicht)



91

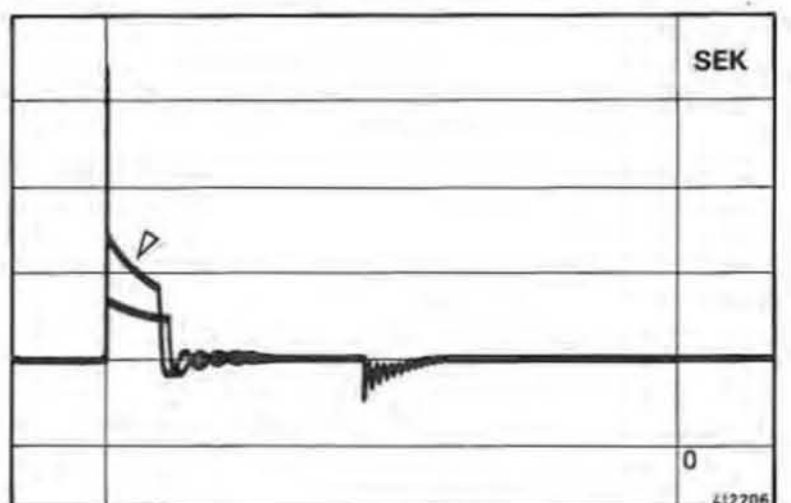


92

Darstellung: Sekundärbild

Zylinder nebeneinander

Bild gedehnt



93

5.3.4 Fehler, die den Ausschwingvorgang und den Schließabschnitt verändern

Hinweis:

Bei kontaktlosen, elektronischen Zündsystemen mit veränderlichem Schließwinkel wandert mit zunehmender Drehzahl der Schließzeitpunkt immer weiter in den Ausschwingvorgang hinein (siehe Bildfolge 67) und verändert damit den Ausschwingvorgang und den Schließabschnitt. Dieses bei elektronischen Zündanlagen normale, **drehzahlabhängige** Oszillogramm ist zu unterscheiden von den **drehzahlunabhängigen** Fehlerbildern der Abschnitte 5.3.4.1 und 5.3.4.2.

5.3.4.1 Unterbrechung in der Sekundärwicklung

Wenn die Sekundärwicklung der Zündspule eine Unterbrechung hat, bildet sich in der Zündspule eine Vorfunkentrecke. Da in dieser Vorfunkentrecke Zündenergie verloren geht, führt der Fehler zu einem verringerten Zündleistungsangebot.

Fehlerbild: (Bild 94)

Schwingungen im Ausschwing- und im Schließabschnitt aller Zylinder fehlen nahezu vollständig.

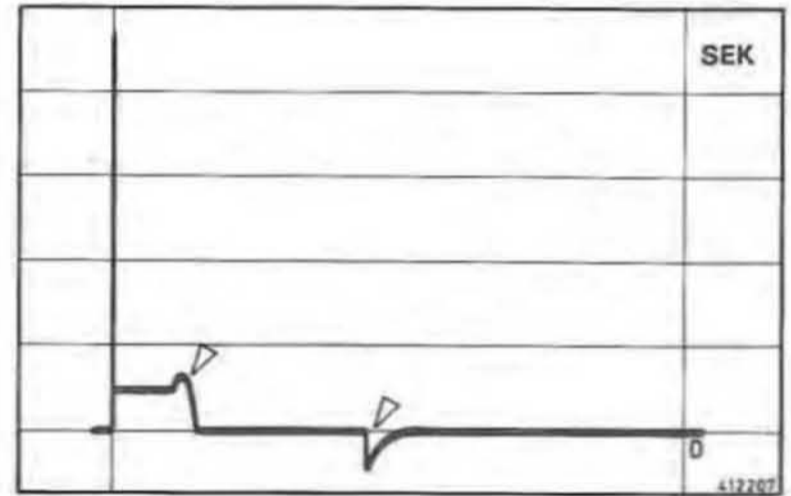
Fehlerursache:

Unterbrechung in der Sekundärwicklung, mit Ohmmeter überprüfen.

Gemessen wird der Widerstand zwischen Anschluß 4 und Klemme 1 (-) der Zündspule. Unterbrechung ergibt einen unendlich hohen Widerstand (∞).

Darstellung: Sekundärbild

Zylinder nebeneinander
Bild gedehnt



94

5.3.4.2 Windungsschluß der Primärwicklung

Ein Windungsschluß in der Primärwicklung der Zündspule kommt zustande, wenn sich Windungen der Wicklung berühren und elektrisch miteinander Verbindung haben.

Dadurch wird eine Anzahl von Windungen überbrückt und elektrisch unwirksam. Die in der Zündspule gespeicherte Energie und die damit zur Verfügung stehende Zündleistung verringert sich. Wegen des nun kleineren ohmschen Widerstandes der Primärwicklung erhöht sich die Stromaufnahme. Bei Unterbrecherkontakten führt dies zu erhöhtem Kontaktverschleiß, bei elektrischen Zündsystemen kann das Schaltgerät überlastet und zerstört werden.

Fehlerbild: (Bild 95)

Schwingungen im Ausschwing- und im Schließabschnitt aller Zylinder stark gedämpft bzw. gar nicht mehr vorhanden.

Achtung:

Bild ähnelt stark dem Fehlerbild

- Unterbrechung in der Sekundärwicklung bzw.
- Zündkondensator hat Masseanschluß (nur bei kontaktgesteuerten Spulenzündungen).

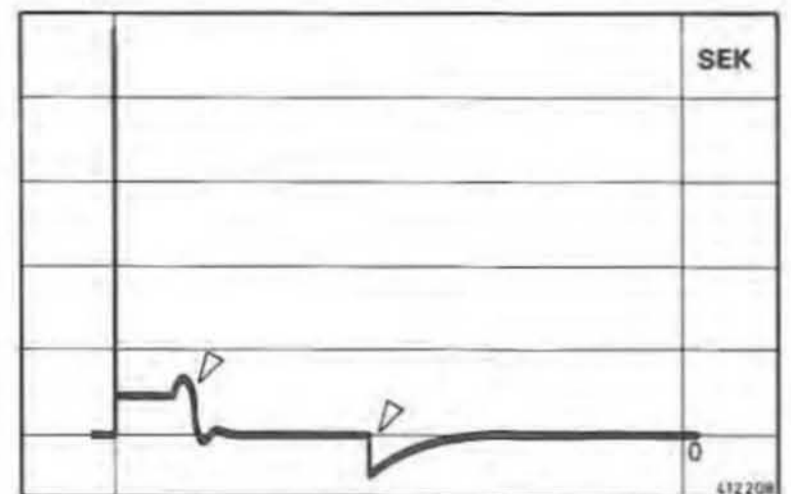
Fehlerursache:

Windungsschluß in der Primärwicklung der Zündspule, mit Ohmmeter überprüfen. Gemessen wird der Widerstand zwischen Kl. 1 und Kl. 15. Sollwerte für die jeweilige Zündspule beachten.

Oder separate Zündspulenprüfung durchführen.

Darstellung: Sekundärbild

Zylinder nebeneinander
Bild gedehnt



95

5.3.5 Sonstige Fehler

5.3.5.1 Zündspule falsch gepolt

Fehlerbild: (Bild 96)

Das Normaloszillogramm steht auf dem Kopf. Die Zündspannungsnadeln zeigen nach unten.

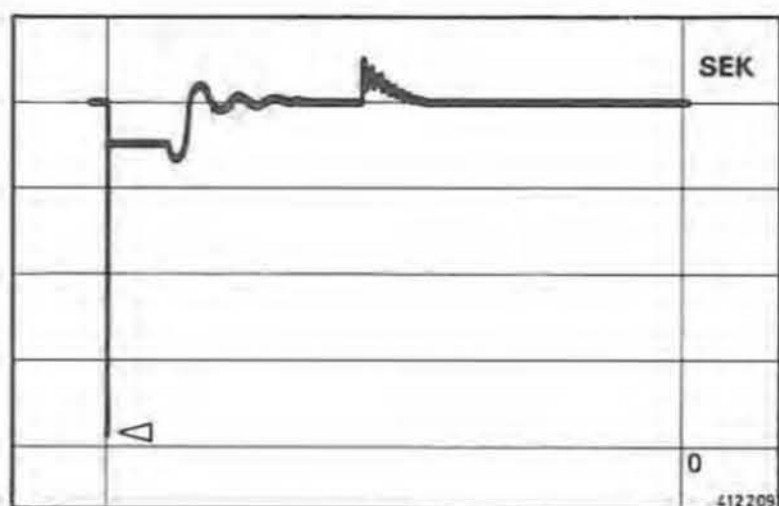
Fehlerursache:

Die Zündspule ist auf der Primärseite falsch gepolt. Klemme 1 liegt auf der Batterieseite, Klemme 15 am Unterbrecher. Falsch gepolte Zündspulen können Startschwierigkeiten oder Zündaussetzer verursachen.

Darstellung: Sekundärbild

Zylinder nebeneinander

Bild gedehnt.



96

5.4.3 Zündkondensator hat Masseschluß

Ein Zündkondensator mit totalem Masseschluß schließt auch den Unterbrecherkontakt kurz, der Motor läuft nicht mehr an. Hat sich nur der Isolationswiderstand des Zündkondensators verringert, wird zwar der Unterbrecherkontakt nicht überbrückt. Aber die zusätzliche Dämpfung im Primärkreis macht sich bemerkbar, wenn der Isolationswiderstand unter 2 k Ω liegt.

Fehlerbild: (Bild 99)

Der Ausschwingvorgang im Sekundär- und Primärbild ist stark gedämpft, die Zahl der Schwingungen verringert.

Achtung:

Im Primärbild gibt es keinen Unterschied zwischen den Fehlerbildern.

- Kondensator-Masseschluß
und
- Primär-Wicklungsschluß

Fehlerursache:

Zündkondensator.

Isolationswiderstand mit Ohmmeter überprüfen. Bei Werten unter 200 k Ω Zündkondensator wechseln, Unterbrecher überprüfen.

5.4.4 Kondensator-Reihenwiderstand

Ein Reihenwiderstand im Kondensator ist vorhanden, wenn die Verbindung zwischen dem Anschlußwinkel und dem einen Kondensatorbelag oder die Verbindung zwischen Masse und dem anderen Kondensatorbelag nicht in Ordnung ist. Durch einen Übergangswiderstand an diesen Verbindungsstellen wird der Kondensator „träge“, d. h. Aufladung und Entladung gehen langsamer vonstatten. Beim Öffnen der Unterbrecherkontakte ist aber gerade wichtig, daß die durch die Selbstinduktionsspannung der Primärwicklung bewirkte Kondensatoraufladung (siehe 1.2.5) schnell erfolgt, weil sonst an den Unterbrecherkontakten ein Lichtbogen entsteht. Bei einem Kondensator-Reihenwiderstand entsteht also ein Kontaktfeuer, wodurch die Kontakte im Laufe der Zeit blau anlaufen.

Fehlerbild: (Bild 100)

Die Zündspannungsnadeln aller Zylinder haben an ihrem Ansatz eine je nach Größe des Reihenwiderstandes mehr oder weniger stark ausgeprägte Stufe.

Achtung:

Dieses Fehlerbild nicht verwechseln mit dem Normaloszillogramm von kontaktlosen, elektronischen Zündanlagen mit Strombegrenzung (siehe 3.2.3.2), die Stufe vor der Zündspannungsnadel ist bei dieser Art elektronischer Zündung normal.

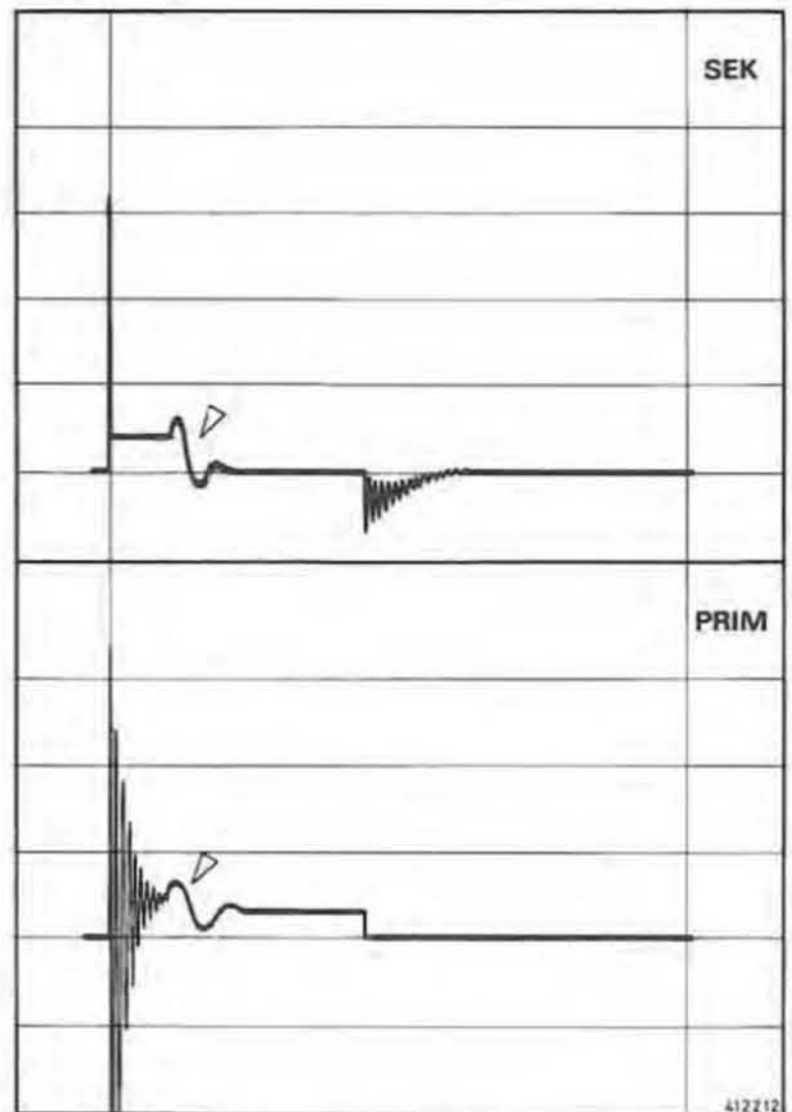
Da bei diesen Zündanlagen kein Zündkondensator vorhanden ist, kann hier auch kein entsprechender Fehler auftreten.

Fehlerursache:

Zündkondensator.

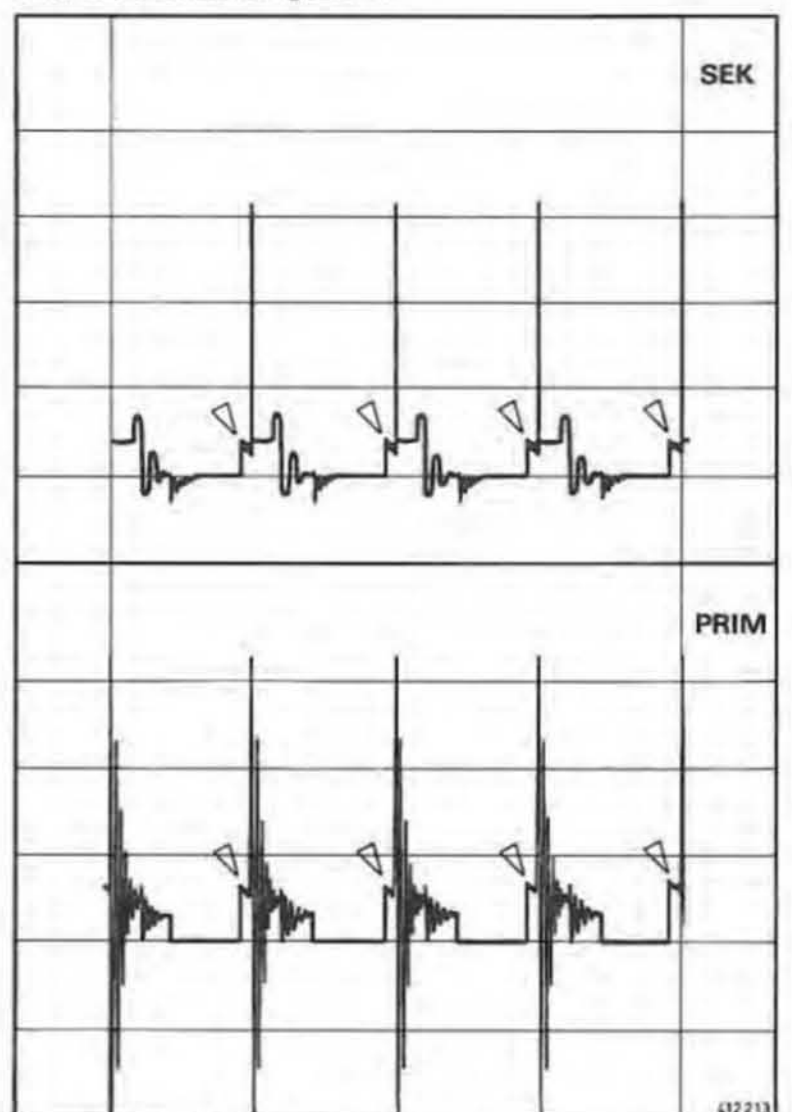
Kondensator erneuern, Unterbrecher und Zündzeitpunkt überprüfen, da wegen der Stufe vor der Zündnadel unter Umständen der Zündzeitpunkt falsch eingestellt wurde.

Darstellung: Sekundär- oder Primärbild
Bild gedehnt.



99

Darstellung: Sekundär- oder Primärbild
Zylinder nebeneinander.
Bild, falls erforderlich gedehnt.



100

5.5 Fehler, die nur bei Transistorzündanlagen auftreten

5.5.1 Fehler, die im Sekundärkreis auftreten

Der Sekundärkreis von Transistorzündanlagen unterscheidet sich praktisch nicht vom Sekundärkreis konventioneller, kontaktgesteuerter Spulenzündanlagen. Deshalb sind die in Abschnitt 5.3 gezeigten Fehlerbilder auch für die Transistorzündanlagen gültig.

Eine Besonderheit ist lediglich der Anschluß der General-Motors HEI-Zündung für das Sekundärbild. Da bei dieser Zündanlage die Zündspule mit in den Verteiler eingebaut wird, ist die Leitung 4 zwischen Verteiler und Zündspule zum Anschluß des Hochspannungsgebers nicht mehr zugänglich.

Die Sekundärspannung wird deshalb über einen speziell ausgeführten Adapter direkt am Zündverteiler abgenommen.

Bild 101 zeigt den Anschluß der General-Motors HEI Zündung, der Adapter dafür ist ein Sonderzubehör zu den BOSCH-Motortestern.

5.5.2 Fehler, die die Primärspannung verändern

Durch die Schutzschaltung im Schaltgerät wird im allgemeinen die Primärspannung auf einen definierten, bei allen Zylindern gleichen Wert begrenzt.

Durch Fehler kann diese Begrenzung verändert oder außer Funktion gesetzt sein.

Hinweis:

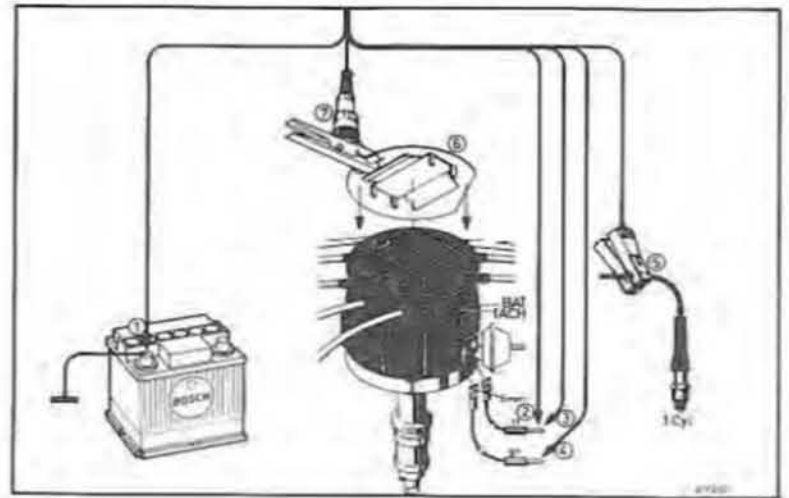
Es gibt auch Transistorzündanlagen, bei denen im Normalbetrieb die Schutzschaltung noch nicht anspricht, d. h. bei diesen Zündanlagen können auch unterschiedliche Primärspannungen auftreten.

Fehlerbild:

Die Primärspannung entspricht nicht dem vorgegebenen Sollwert für die entsprechende Zündanlage.

Fehlerursache:

Falls die Ansteuerung des Schaltgerätes, die Spannungsversorgung von Schaltgerät und Primärkreis sowie der Schließwinkel in Ordnung sind (siehe Fehlerschema 4.3.3), ist das Schaltgerät defekt.



101

Bild 101

- 1 = Schwarze Klemme an Fahrzeugmasse
- 2 = rote Klemme an BAT des Zündverteilers
- 3 = gelber Klipp oder Bordspannung
- 4 = grüner Klipp an TACH des Zündverteilers
- 5 = Induktiver Zangengeber über Zündkabel des 1. Zylinders
- 6 = Zwischenplatte auf Zündverteiler klemmen
- 7 = Kapazitiver Zangengeber seitlich an die Zwischenplatte klemmen

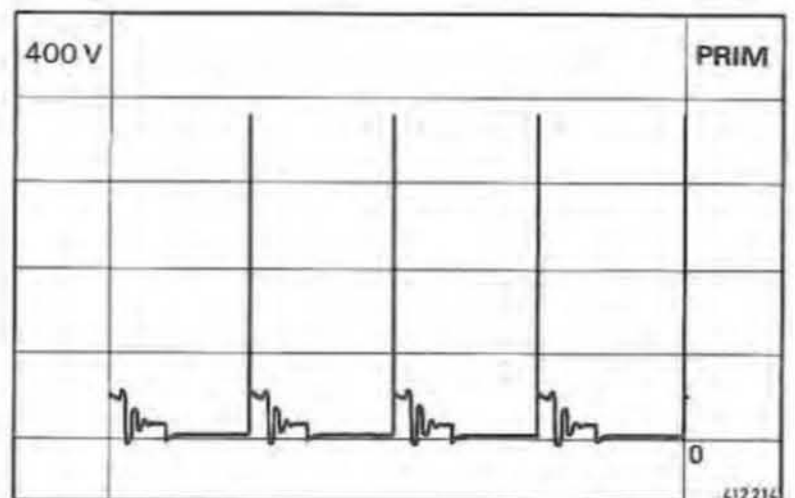
Darstellung: Primärbild

Zylinder nebeneinander.

Oszillogramm auf Null-Linie eingestellt.

Bilddehnung in Grundstellung (geeicht).

Motor mit Leerlaufdrehzahl! Über die Skala auf dem Oszilloskop wird die Höhe der Primärspannung in Volt gemessen, siehe Bild 102.



102

5.5.3 Fehler, die in der Ansteuerung des Schaltgerätes auftreten

Wie schon in Abschnitt 2.4 erläutert, werden die verschiedenen Transistorzündanlagen in sehr unterschiedlicher Weise angesteuert. Es ist deshalb notwendig, auf jede Ausführung getrennt einzugehen, sowohl beim Anschluß für das Steuerimpulsbild ST als auch bei dessen Auswertung und bei der weiteren Fehlereingrenzung.

5.5.3.1 Kontaktgesteuerte Transistorzündung (TSZ-k)

Anschluß für das Steuerimpulsbild.

Wechselspannungseingang (Spez) des Oszilloskops an den Unterbrecherkontakt anschließen, Stecker zum Schaltgerät **nicht** abziehen.

Rote Klemme an Unterbrecherkontakt

Schwarze Klemme an Masse

Grünen Klipp an Zündspule Kl. 1 (-)

Gelben Klipp an Zündspule Kl. 15 (+)

Induktiven Zangengeber über das Zündkabel des 1. Zylinders.

Steuerimpulsbild überprüfen:

Darstellung Wechselspannung (Spez) 20 V. Motor starten bzw. mit Starter durchdrehen. Bild 69 zeigt das ordnungsgemäße Steuerimpulsbild.

5.5.3.2 Transistorzündung mit Hallgeber (TSZ-h)

Anschluß für das Steuerimpulsbild.

Gummikappe an Schaltgeräte-Stecker zurückziehen, Stecker **nicht** abziehen.

Wechselspannungseingang (Spez) des Oszilloskops an den Ausgang des Hallgebers anschließen.

Rote Klemme an Anschluß 7

Schwarze Klemme an Masse

Grünen Klipp an Zündspule Kl. 1 (-)

Gelben Klipp an Zündspule Kl. 15 (+)

Induktiven Zangengeber über Zündkabel des 1. Zylinders.

Steuerimpulsbild überprüfen:

Darstellung Wechselspannung (Spez) 20 V. Motor starten bzw. mit Starter durchdrehen. Bild 70 zeigt das Normaloszillogramm eines ordnungsgemäßen Hallgebers.

Steuerimpuls fehlt ganz.

Fehlerbild:

Trotz drehendem Motor wird eine gerade Linie geschrieben.

Fehlerursache:

Magnetschranke arbeitet nicht. Spannungsversorgung der Magnetschranke prüfen. Spannung an Schaltgeräte-Stecker Kl. 8 h gegen Kl. 31 d messen.

Wenn Spannungswert in Ordnung: Magnetschranke defekt, erneuern. Wenn keine Spannung vorhanden: Schaltgerät defekt, erneuern.

Richtwerte:

Die Spannung darf bei eingeschalteter Zündung bis zu 3,5 V unter der Batteriespannung liegen, Sollwerte beachten!

5.5.3.3 Transistorzündung mit Induktionsgeber (TSZ-i)

Anschluß für das Steuerimpulsbild:

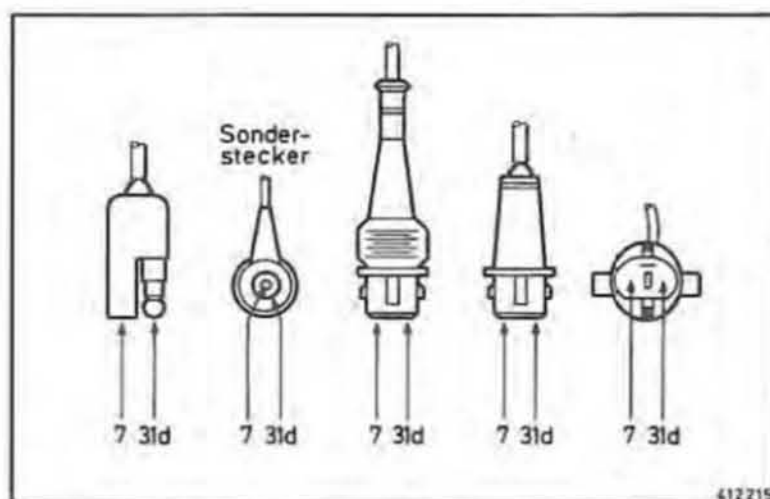
Verbindung zwischen Geber und Schaltgerät abziehen.

Wechselspannungseingang (Spezial) des Oszilloskops an die vom Geber kommenden Anschlüsse anschließen:

Rote Klemme an Anschluß 7.

Schwarze Klemme an Anschluß 31 d.

Falls erforderlich, geeignete Adapter verwenden (bei häufig vorkommenden Zündsystemen lohnt sich eine Selbstanfertigung).



103

Bild 103 zeigt den Anschluß an verschiedene Ausführungen von BOSCH-Zündanlagen sowie an Zündanlagen anderer Hersteller.

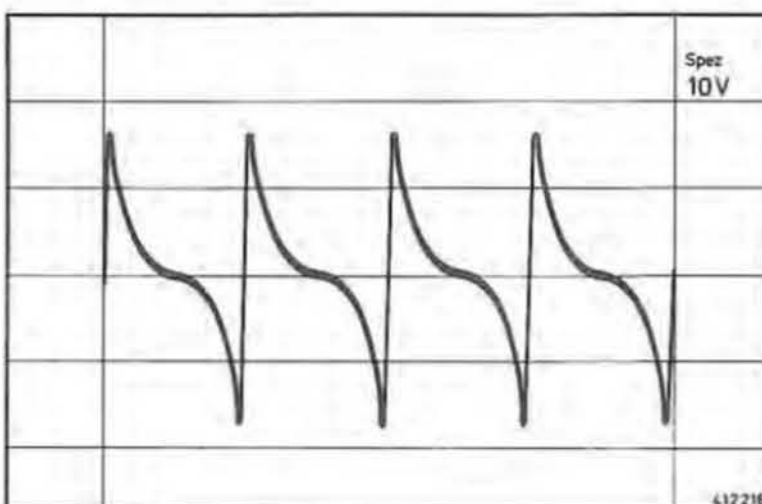
Steuerimpulsbild überprüfen:

Darstellung: Wechselspannung (Spez)

Motor mit Starter durchdrehen.

Bild 71 zeigt das Normaloszillogramm eines ordnungsgemäßen Induktionsgebers.

Anschlüsse des Induktionsgebers vertauscht.



104

Fehlerbild: (Bild 104)

Die positive Halbwelle beginnt mit einem steilen Anstieg und fällt nach dem Scheitelpunkt flach in den Nulldurchgang.

Fehlerursache:

Es sind – richtiger Anschluß des Oszilloskops vorausgesetzt – durch unsachgemäße Manipulation die Anschlüsse des Gebersystems vertauscht.

Achtung!

Falsch angeschlossener Geber verändert den Zündzeitpunkt um bis zu 50° in Richtung früh.

Steuerimpuls fehlt ganz.

Fehlerbild:

Trotz drehendem Motor wird eine gerade Linie geschrieben.

Fehlerursache:

Geberspule oder Zuleitungen zum Geber haben Unterbrechung oder Masseschluß.

Mit dem Ohmmeter überprüfen. Der Widerstand zwischen den beiden Geberleitungen ist fahrzeugbezogen und liegt üblicherweise im Bereich von 500–1500 Ω .

Sollwerte beachten!

Der Widerstand des Gebers nach Masse sollte unendlich (∞) sein. Werte unter 50 k Ω sind unzulässig.

Geberspule und Zuleitungen erneuern.

5.6 Messungen bei Spulenzündanlagen

Mit dem Zündoszilloskop lassen sich nicht nur Fehler erkennen, sondern Sie können auch einige aufschlußreiche Messungen durchführen.

5.6.1 Schließwinkel

Für den Aufbau des Magnetfeldes in der Zündspule wird bekanntlich Zeit benötigt. Steht diese Zeit nicht zur Verfügung, so wird die volle Zündleistung nicht erreicht. Das kann zu Zündaussetzern im oberen Drehzahlbereich führen. Der Magnetfeldaufbau beginnt in dem Moment, wo die Kontakte schließen. Es ist also wichtig, daß die Zeit, in der die Kontakte geschlossen sind, die sogenannte Schließzeit, ausreicht. Sie hängt von folgenden 3 Faktoren ab:

1. von der Zylinderzahl des Motors;
2. von der Drehzahl des Motors;
3. vom Schließwinkel des Zündverteilers.

Unter Schließwinkel versteht man den Drehwinkelbereich in dem die Kontakte geschlossen sind.

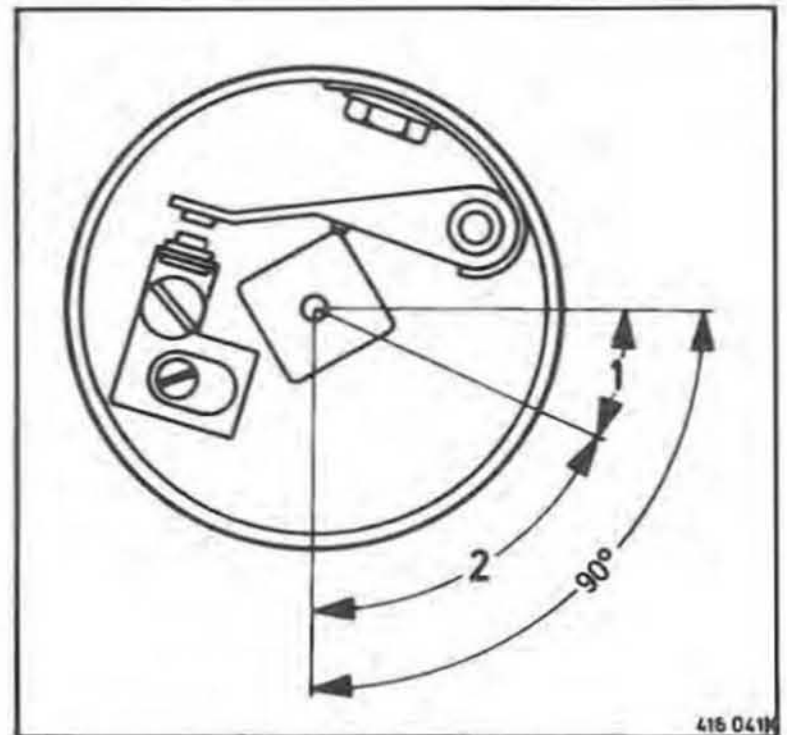
Auf den Skalen der meisten Oszilloskope läßt sich der Schließwinkel bei entsprechender Einstellung ablesen.

Schließwinkel in %

Wichtig ist, daß je eine Zündspannungsnadel auf 0 und 100% der Skala steht, so daß also ein Zündungsvorgang die gesamte Skala einnimmt. Weil die Prozent-Skala auf der Grundlinie von rechts nach links angeordnet ist, kann der Schließwinkel direkt abgelesen werden. Er beträgt in unserem Beispiel 60%.

Schließwinkel in Grad

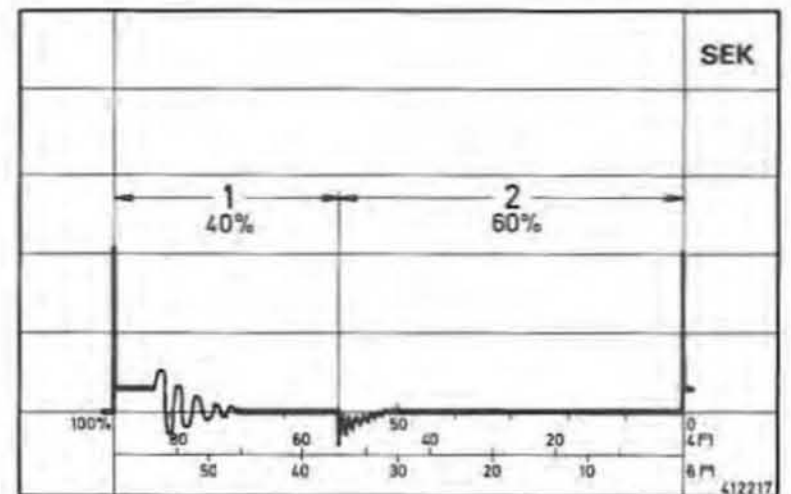
Durch Verschieben der Bildlage nach unten kann das Oszillogramm auch auf die Gradskala gestellt werden. Dann kann der Schließwinkel unmittelbar in Grad auf der entsprechenden Skala abgelesen werden.



105

Bild 105

- 1 = Öffnungswinkel (bei 4-Zylindern)
2 = Schließwinkel

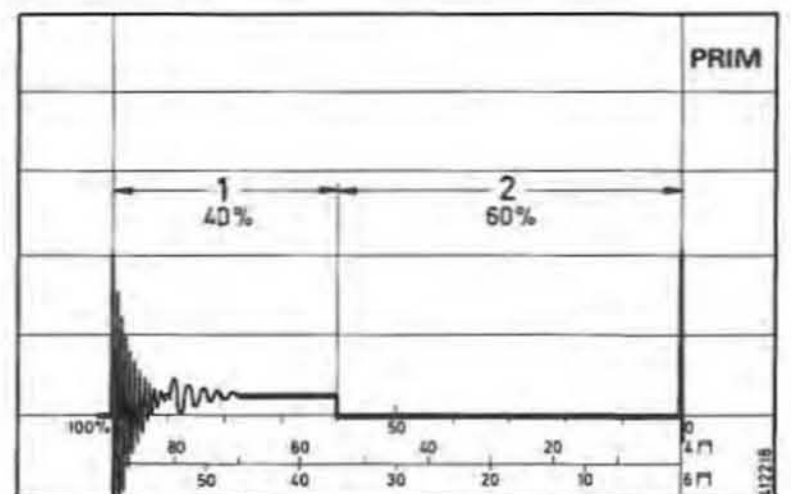


106

Bild 106

Schließwinkelmessung in %
mit dem Sekundärbild

- 1 = Kontakt offen
2 = Kontakt geschlossen (Schließwinkel)



107

Bild 107

Schließwinkelmessung in %
mit dem Primärbild

- 1 = Kontakt offen
2 = Kontakt geschlossen (Schließwinkel)

5.6.2 Zündversatz

Von Sonderkonstruktionen abgesehen, haben Zündverteiler eine symmetrische Verteilung, d. h.

bei 4-Zyl.-Zündverteilern beträgt der Zündabstand 90 Verteilergrade,

bei 6-Zyl.-Zündverteilern beträgt der Zündabstand 60 Verteilergrade,

bei 8-Zyl.-Zündverteilern beträgt der Zündabstand 45 Verteilergrade.

Bei abgenutzten Nocken oder auslaufender Verteilerwelle kann es vorkommen, daß dieser Zündabstand nicht mehr stimmt, d. h. ein unzulässig großen Zündversatz vorhanden ist.

Messen des Zündversatzes Bild 108

Darstellung: Sekundärbild

Zylinder ineinander

Wenn der Zündabstand stimmt, decken sich die Zündspannungsnadeln aller Zylinder, während andernfalls – bei Zündversatz – Doppelbilder erscheinen.

Die Größe des Zündversatzes kann an der %-Skala abgelesen werden.

Eine genaue Messung ist nur im ausgebauten Zustand auf dem Zündverteilerprüfstand oder mit dem Zündverteilerprüfer möglich. Hingewiesen sei in diesem Zusammenhang auf Zündverteiler, die einen gewollten Zündversatz haben. Als Grenzwert sind jeweils die Werksangaben des Zündverteiler-Herstellers maßgebend.

Als Richtwerte für noch zulässigen Zündversatz können Sie sich merken:

2% bei 4-Zylinder-Motoren

3% bei 6-Zylinder-Motoren

4% bei 8-Zylinder-Motoren

5.6.3 Schließwinkel bei unsymmetrischem Verteiler (s. auch 3.2.5.1)

Zündlinie mit dem großen Zündabstand so einstellen, daß die Länge dieser Zündlinie genau 100% auf der Schließwinkelskala des Bildschirms entspricht.

Schließwinkel in % ablesen.

Umrechnung auf Schließwinkel in Grad:

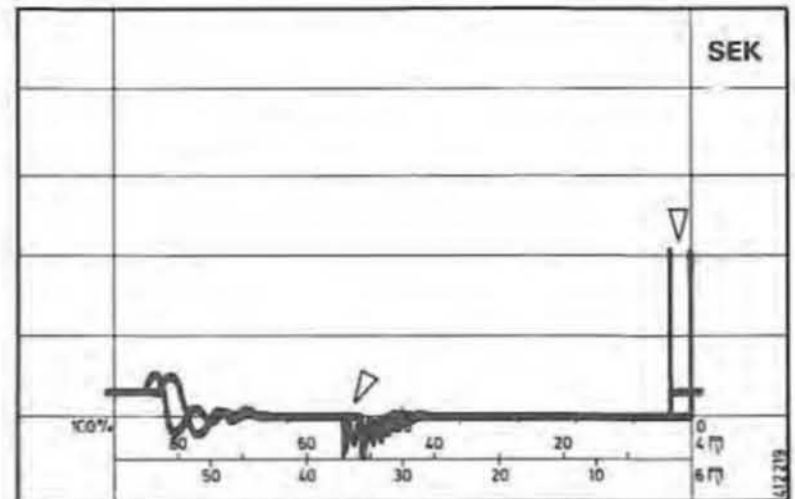
$$\frac{\text{abgelesener Prozentwert} \cdot \text{großem Zündabstand}}{100}$$

Zündlinie mit dem kleinen Zündabstand so einstellen, daß die Länge der kürzeren Zündlinie genau 100% auf der Schließwinkelskala des Bildschirms entspricht. (Die längeren Zündlinien gehen dabei rechts über die Skala hinaus.)

Schließwinkel in % ablesen

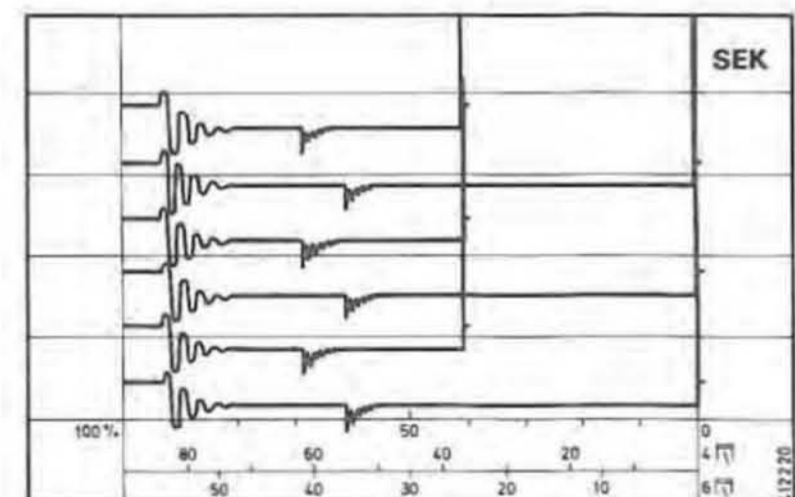
Umrechnung auf Schließwinkel in Grad:

$$\frac{\text{abgelesener Prozentwert} \cdot \text{kleinem Zündabstand}}{100}$$



In Bild 108 beträgt der Zündversatz z. B. ca. 3%.

108



Darstellung: Sekundärbild

Zylinder übereinander

Bild 109

109

5.7 Fehlersuche bei der Hochspannungs-Kondensator-Zündung (HKZ)

In Kapitel 2.5 haben wir die verschiedenen Ausführungen der Hochspannungs-Kondensator-Zündung erläutert. Wir müssen unterscheiden:

kontaktgesteuerte HKZ mit

- a) Einzelimpuls-Aufladung
- b) Mehrimpuls-Aufladung

kontaktlos gesteuerte HKZ mit

- a) Einzelimpuls-Aufladung
- b) Mehrimpuls-Aufladung

5.7.1 Anschließen

Hinweis!

Vorsicht bei Arbeiten an der Hochspannungs-Kondensator-Zündung. An Schaltgerät und Zündtransformator können lebensgefährliche Spannungen auftreten. Bei diesem Zündsystem dürfen am Zündtransformator **keine** Testgeräte angeschlossen werden.

Beachten Sie unbedingt die in 4.2 gegebenen Hinweise.

5.7.1.1 Anschließen an der kontaktgesteuerten HKZ

Bild 75

- 1 Schwarze Klemme an Fahrzeugmasse
- 2 Rote Klemme an Bordspannung
- 3 Gelben Klipp an Bordspannung
- 4 Grünen Klipp an Klemme 1 Zündverteiler
- 5 Induktiven Zangengeber über Zündkabel des 1. Zylinders
- 6 Kapazitiven Zangengeber über Zündkabel von Klemme 4 zwischen Zündtransformator und Zündverteiler oder kapazitiven schwarzen Geber in diese Leitung schalten.

5.7.1.2 Anschließen an der kontaktlosen HKZ

Bitte Angaben der Kfz-Hersteller beachten!

5.7.2 Die Oszillogramme der HKZ mit Mehrimpulsaufladung

5.7.2.1 Die Normaloszillogramme

Sekundärbild (Bild 110)

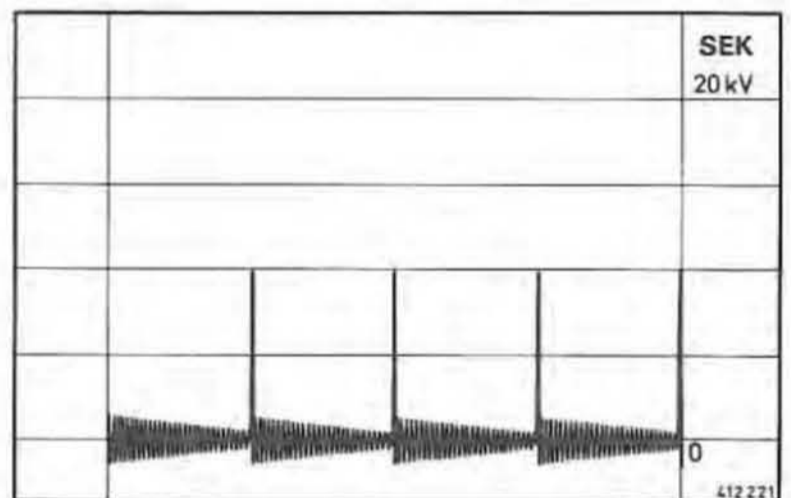
Bedingt durch die hohe Zündspannung und die relativ kleine Kapazität des Speicherkondensators ist der Zündfunke einer HKZ sehr kurz. Daher ist die Brennspannungslinie auch bei starker Bilddehnung nur schwer zu erkennen.

Primärbild

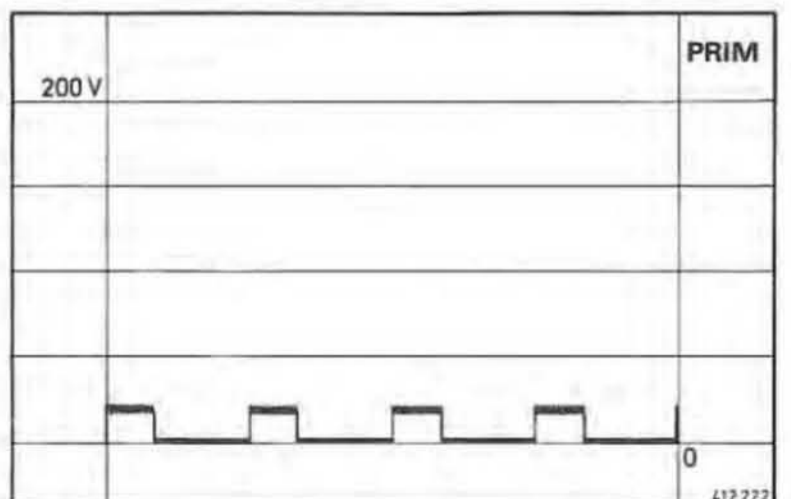
Da auf der Primärseite des Zündtransformators keine Testgeräte angeschlossen werden dürfen, gibt es für die HKZ auch kein Primärbild.

Steuerimpulsbild (Bild 111), kontaktgesteuerte DI-HKZ. (Manchmal nicht ganz korrekt Primärbild genannt, weil es in Programmschalter-Stellung Primär am Unterbrecherkontakt Kl. 1 abgenommen wird.)

Das Steuerimpulsbild zeigt einen Rechteckimpuls entsprechend dem Öffnen und Schließen des Unterbrecherkontakts. Die überlagerten Schwingungen im Öffnungsabschnitt werden vom Wandler der HKZ verursacht.



110



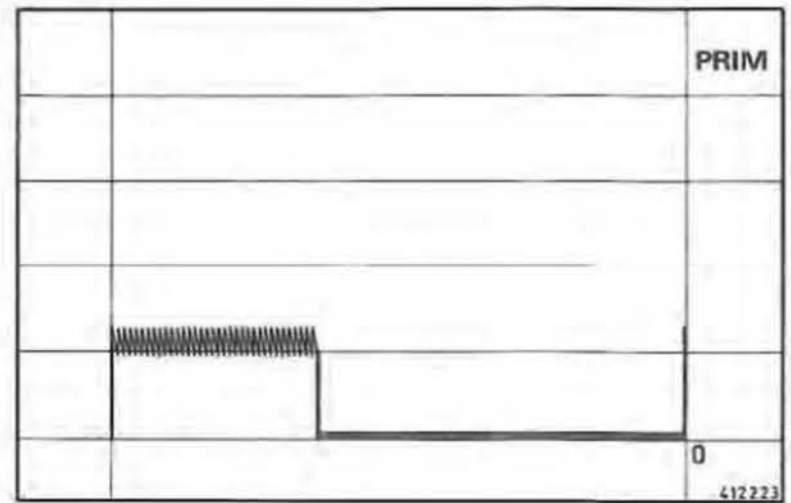
111

Bild 112

Schließwinkelmessung

Stellen Sie das Bild so ein, daß ein Zündvorgang die Bildbreite zu 100% ausfüllt.

Auf der entsprechenden Skala kann der Schließwinkel in Grad oder in % abgelesen werden.



112

5.7.2.2 Fehlerbilder

Da die HKZ gegen äußere Störungen (verrußte Kerzen, Nebenschlüsse, usw.) nahezu unempfindlich ist, lassen sich nur wenige Fehler im Oszillogramm erkennen.

Unterschiedliche Zündspannungshöhe

Fehlerbild: (Bild 113)

Unterschiede in der Zündspannung einzelner Zylinder sind größer als 4 kV.

Fehlerursache:

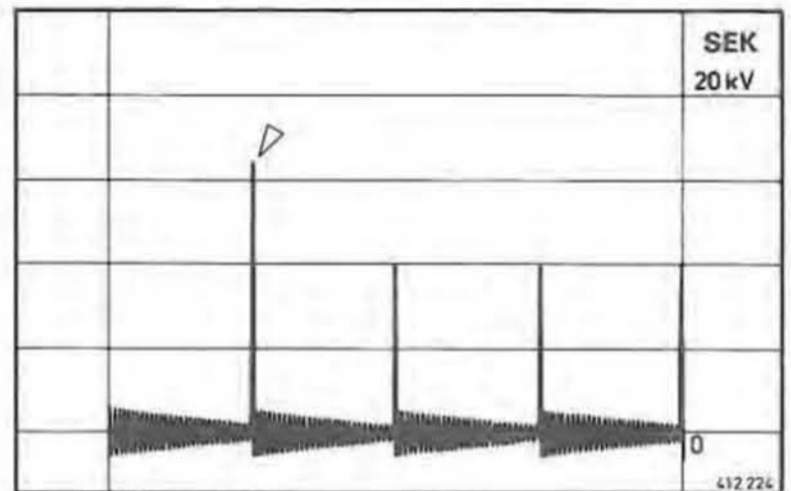
Elektrodenabstand der Kerzen unterschiedlich, Nebenschlüsse oder Defekte in der Hochspannungsisolation. Unterbrechung in Zündkabeln.

Darstellung: Sekundärbild

Zylinder nebeneinander

Oszillogramm auf Null-Linie eingestellt.

Bilddehnung in Grundstellung (geeicht).



113

Zündversatz bei kontaktgesteuerten HKZ

Fehlerbild: (Bild 114)

Die Zündspannungsnadeln der einzelnen Zylinder decken sich nicht, sondern weichen stark voneinander ab. Sollwerte des Herstellers beachten.

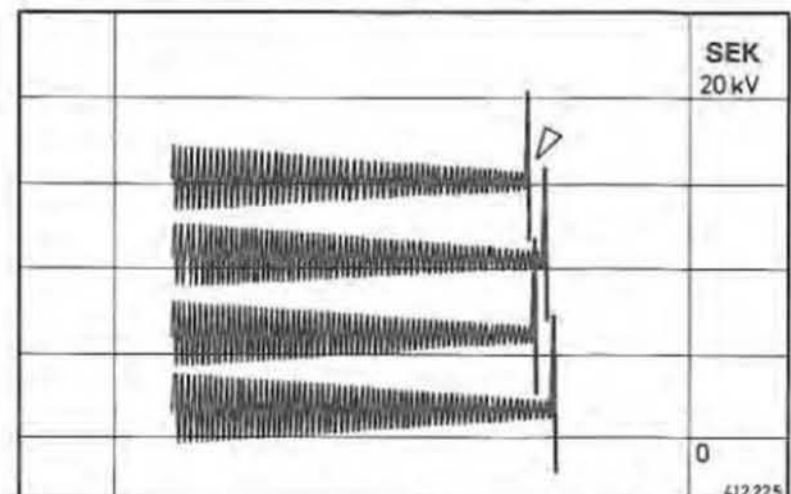
Fehlerursache:

Wie bei allen kontaktgesteuerten Zündsystemen.

Darstellung: Sekundärbild

Zylinder übereinander

Bilddehnung in Grundstellung (geeicht).



114

6. Prüfen von Drehstromgeneratoren

Aus der Beschreibung des Zündungsszilloskops wissen wir, daß wir mit ihm auch Wechselspannungen darstellen können.

Bei der Prüfung der Zündanlagen haben wir den dafür vorhandenen Wechselspannungseingang (häufig auch mit Spez bezeichnet) verwendet, um Gebersignale darzustellen.

Bei der Prüfung von Drehstromgeneratoren verwenden wir ihn, um die Welligkeit der Ladespannung bildlich darzustellen.

Aus der Form des Spannungsverlaufes lassen sich Rückschlüsse auf den Zustand des Generators, vor allem der eingebauten Dioden ziehen.

Die Funktion des Reglers kann nur mit besonderen Geräten geprüft werden.

6.1 Meßbedingungen

Zur Überprüfung kann der Spannungsverlauf an B+ oder D+ des Drehstromgenerators auf dem Oszilloskop dargestellt werden.

Eine einwandfreie Fehlerbeurteilung ist nur mit den Signalen an D+ oder Klemme 61 möglich.

Der Drehstromgenerator muß während der Überprüfung belastet werden. Deshalb sind Verbraucher wie z. B. Licht, heizbare Heckscheibe usw. einzuschalten.

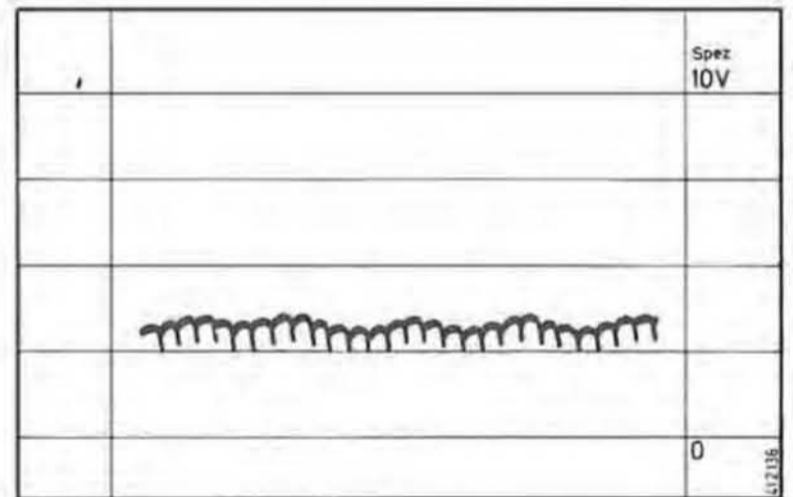
Die Prüfung soll bei einer Motordrehzahl von ca. 2500 U/min. durchgeführt werden.

6.2 Bild eines einwandfrei arbeitenden Generators Bild 115

Signal an D+ oder B+

Bei einwandfreiem Generator zeigt sich dieses Bild. Die abgegebene Gleichspannung hat einen geringen Oberwellenanteil. Das gezeigte Oszillogramm kann von kleinen Nadeln überlagert sein, wenn der Generatorregler arbeitet.

Außerdem können auch kleine zusätzliche Nadeln durch Einstreuung von der Zündung entstehen. Diese **kleinen** Abweichungen sind von den Fehleroszillogrammen leicht zu unterscheiden, weil die Abweichungen bei Fehlern **wesentlich größer** sind.



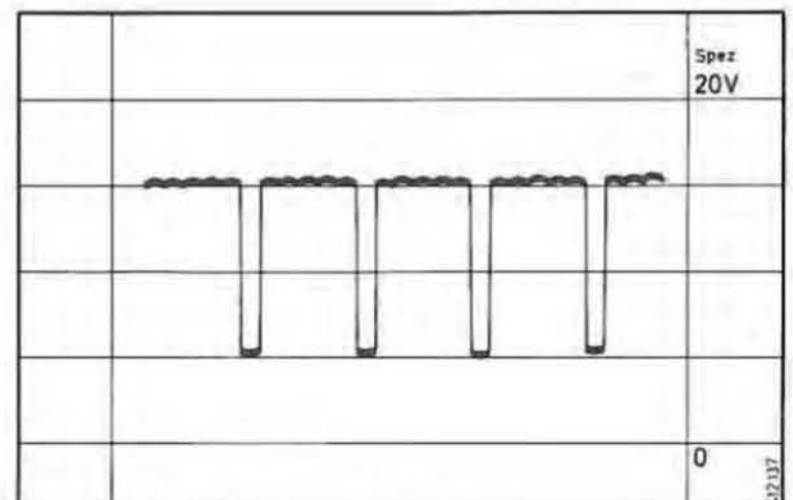
115

6.3 Fehler und dazugehörige Oszillogramme

Alle Oszillogramme sind an D+ abgenommen.

6.3.1 Unterbrechung einer Erregerdiode Bild 116

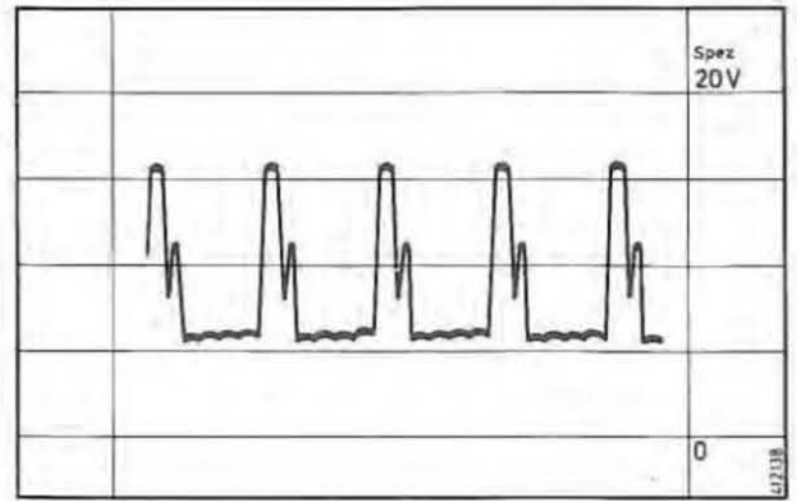
Hier ist deutlich das Fehlen einer Oberwelle zu erkennen.



116

6.3.2 Unterbrechung einer Plusdiode Bild 117

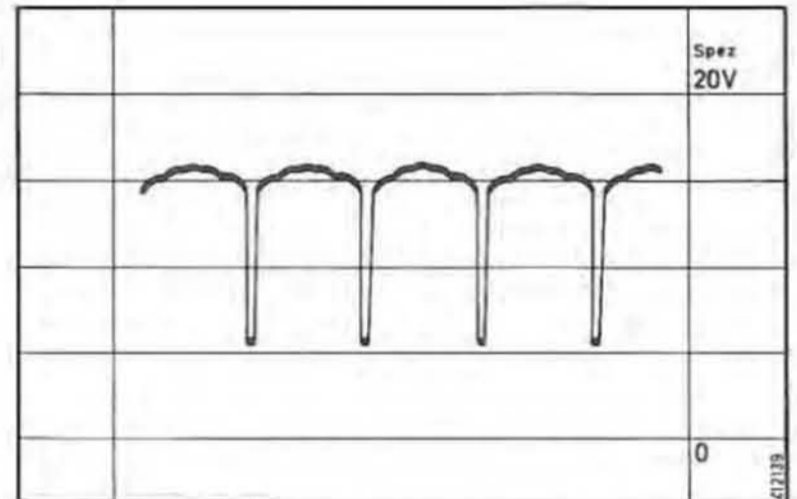
Weil während der Durchlaßzeit dieser Diode kein Ladestrom, sondern nur Erregerstrom entnommen wird, fehlt während dieser Zeit die Dämpfungswirkung der Batterie, und es entstehen Induktionsspannungsspitzen nach oben.



117

6.3.3 Unterbrechung einer Minusdiode Bild 118

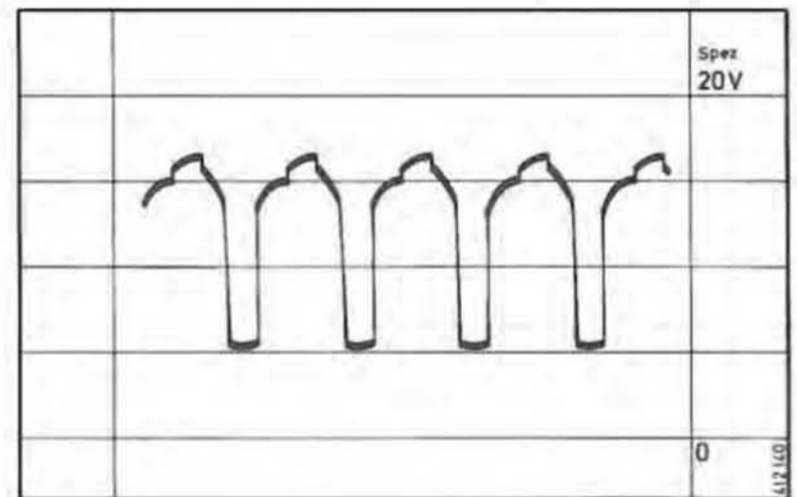
Über die Minusdioden fließt normalerweise sowohl der Lade- als auch der Erregerstrom. Die Dämpfungswirkung der Batterie führt deshalb nur zu einem wesentlich schmälern Einbruch als bei dem gleichen Fehler an einer Erregerdiode.



118

6.3.4 Kurzschluß einer Erregerdiode Bild 119

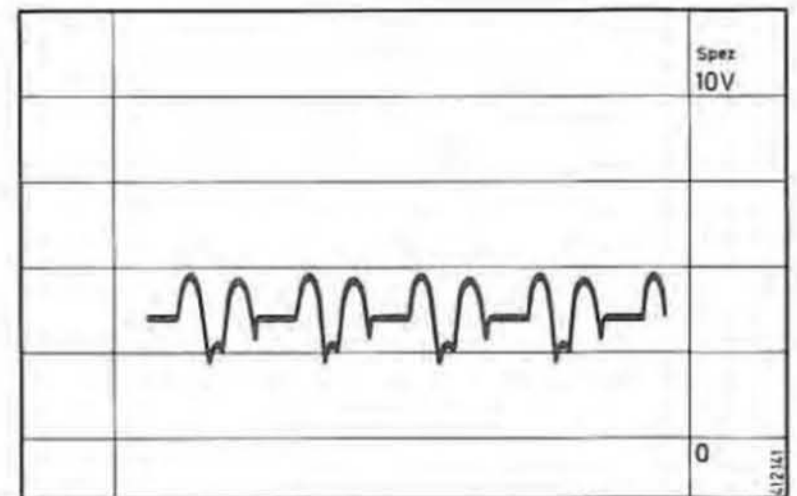
Kurzschluß einer Erregerdiode führt zum Ausfall des Generators während einer annähernd ganzen Halbwelle. Wie das Bild zeigt, folgt den stark verzerrten Oberwellen ein breiter Einbruch durch den Kurzschluß.



119

6.3.5 Kurzschluß einer Plusdiode Bild 120

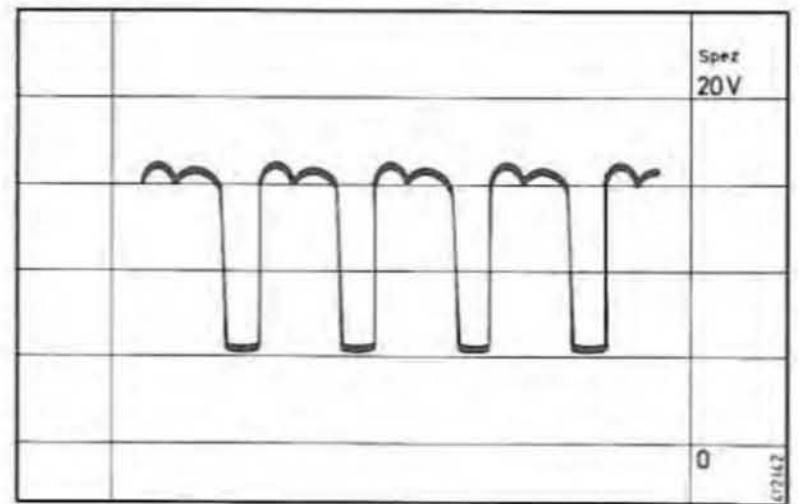
Bei einer kurzgeschlossenen Plusdiode treten nur noch zwei Halbwellen in Erscheinung, da die restliche über die defekte Diode während der übrigen Zeit kurzgeschlossen ist.



120

6.3.6 Kurzschluß einer Minusdiode Bild 121

Eine Minusdiode mit Kurzschluß ähnelt einer Erregerdiode mit gleichem Fehler, jedoch sind hier nur zwei von drei Phasen sichtbar.

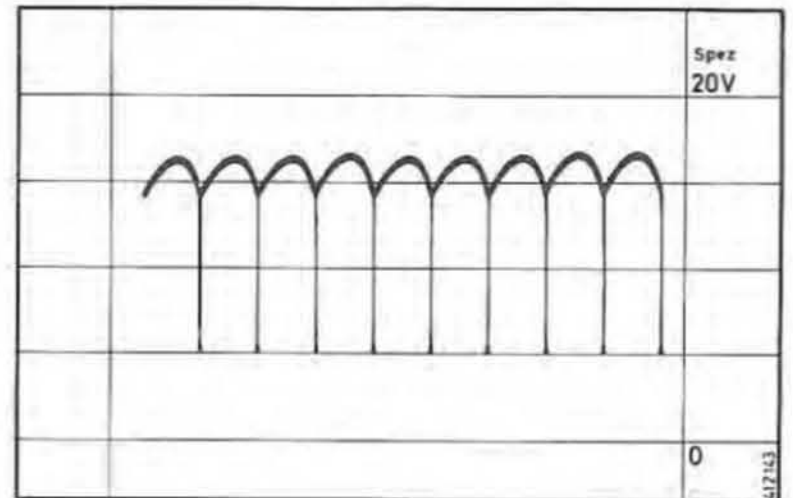


121

6.3.7 Phasenfehler Bild 122

Hat eine Phase Unterbrechung oder haben zwei Phasen Schluß miteinander, so ergibt sich dieses Bild. Nach jeder Oberwelle folgt ein schmaler, aber tiefer Einbruch.

In Prinzip handelt es sich hierbei um eine zweiphasige Maschine, den Einbruch verursachen die Gleichrichterdioden.



122

7. Weitere Prüfmöglichkeiten mit dem Oszilloskop

Bis jetzt haben wir den Wechselspannungseingang (Spez-Eingang) unseres Oszilloskops zur Messung von Steuerimpulsbildern bei Transistor-Zündanlagen und zur Prüfung von Drehstromgeneratoren benutzt. Im modernen Kraftfahrzeug treffen wir noch andere Wechselspannungen bzw. Impulsspannungen an.

Einige Beispiele:

Einspritzimpulse bei D- und L-Jetronik;
Steuersignale von vollelektronischen Zündanlagen;
Steuersignale von Bezugsmarkengebern und Drehzahlgebern;
Schließzeitsignale und Einspritzimpulse bei der Motronic.

Alle diese Signale können mit dem Wechselspannungseingang auf unserem Oszilloskop sichtbar gemacht werden.

Anhand des BOSCH-Motortesters MOT 201 soll gezeigt werden, wie das Oszilloskop zur Darstellung obengenannter Spannungsverläufe angeschlossen wird. Wir unterscheiden dabei motorsynchrone Signale, z. B. Einspritzimpulse und nicht motorsynchrone Signale, z. B. Gebersignale für Getriebesteuerung. Bei motorsynchronen Signalen wird die Zündung zur Triggerung benutzt, bei nicht motorsynchronen Signalen wird mit dem Meßsignal getriggert. Dadurch ergeben sich folgende

Anschlußbilder:

	Motorsynchrone Signale	nicht motorsynchrone Signale
Rote Klemme	Meßsignal	Meßsignal
Schwarze Klemme	Fahrzeugmasse	Fahrzeugmasse
Grüner Klipp	Klemme 1	Meßsignal zur Triggerung
Gelber Klipp	Klemme 15	B+ oder Klemme 15

Die Elektronik nimmt im Kraftfahrzeug einen immer größeren Raum ein. In naher Zukunft werden neue elektronische Systeme wie z. B. Antiblockierschutz, elektronische Getriebesteuerung, Lambda-Regelung und Airbag eingebaut werden.

Zur Überprüfung und Wartung dieser Systeme wird das Oszilloskop immer mehr an Bedeutung gewinnen und als Standardgerät in jeder Werkstatt stehen.

Motor-Diagnose mit Bosch-Prüftechnik



MOT 151 im Gerätewagen eingebaut



MOT 250 im Systemträger eingebaut



MOT 251

Motortester



FSA 560

Fahrzeug-System-Analyse



ETT 8.41

Abgasmeßgerät



ETT 8.55/8.61

Abgasmeßgerät



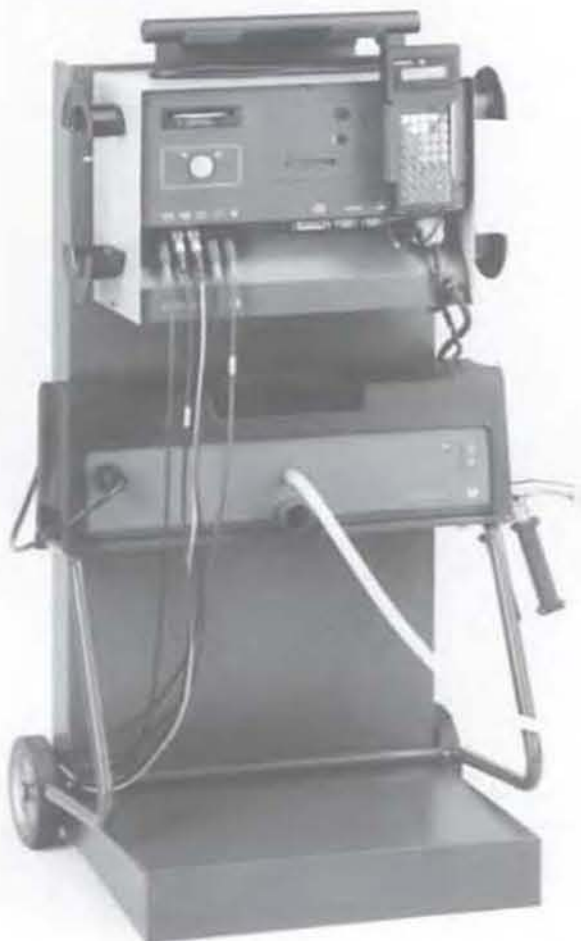
RTT 100/110

Rauchgas-Trübungs-Tester



MOT 240

Motortester



3.011

Emissions-Analyse-Meßgerät

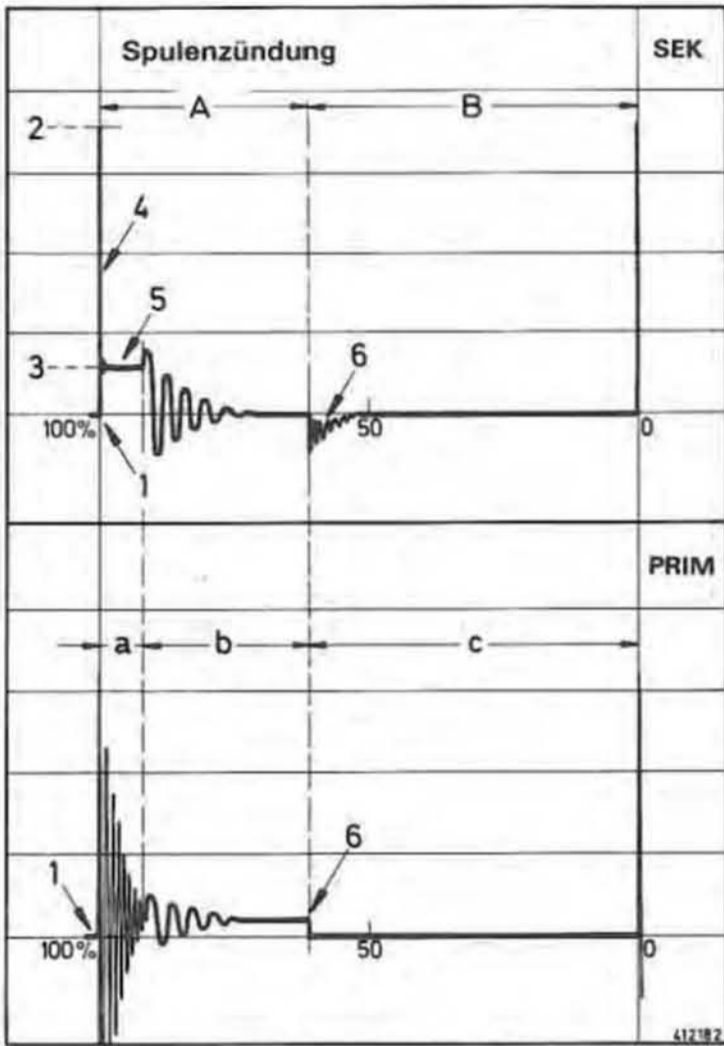


PMS 100

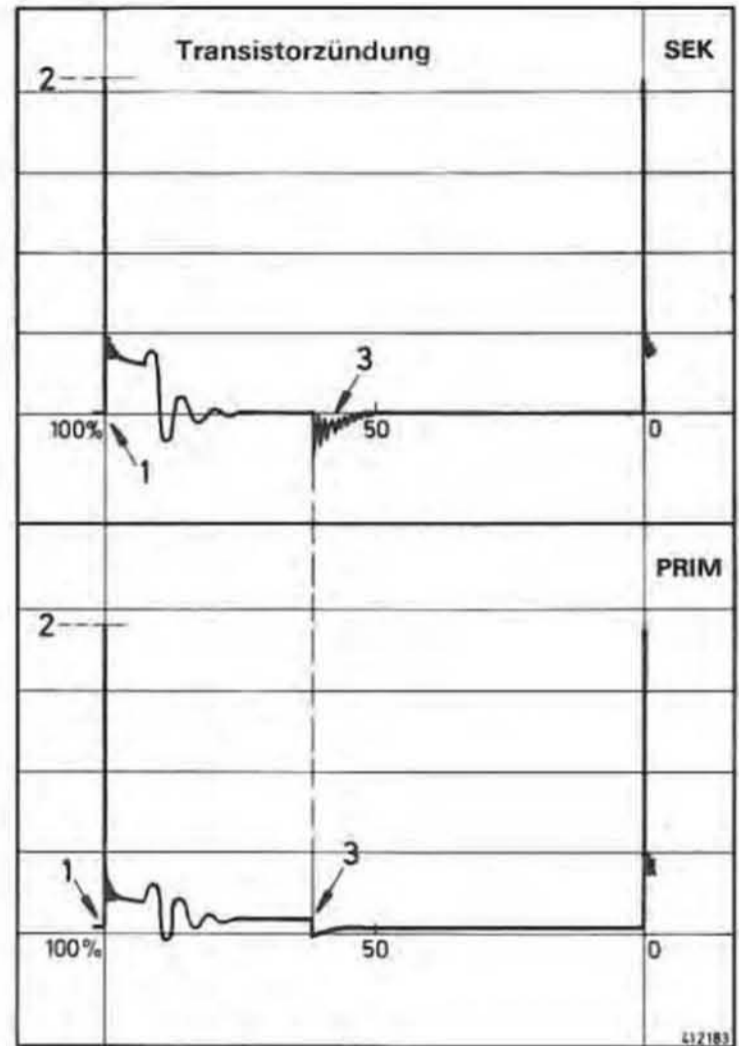
Portables Multiscope

A large rectangular area filled with a fine grid of small squares, intended for taking notes. The grid covers most of the page below the header.

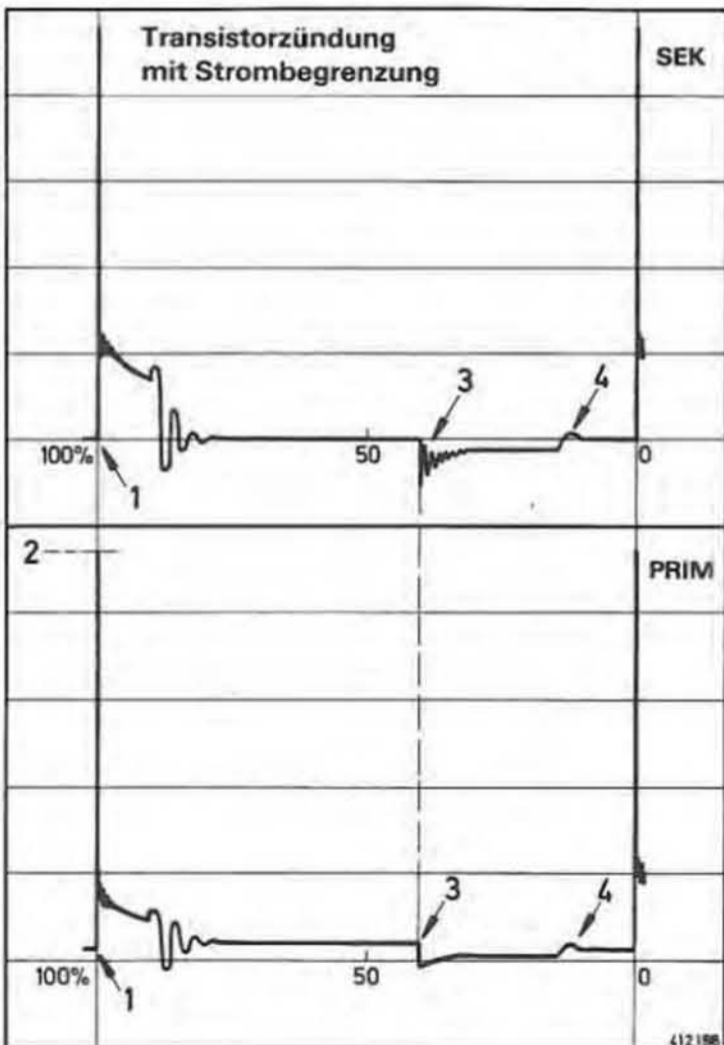
Normaloszillogramme



- | | | |
|-------------------------|---------------|-----------------|
| 1 Unterbrecher öffnet | A Offenzeit | } Sekundär-Bild |
| 2 Zündspannung | B Schließzeit | |
| 3 Brennspannung | a Funkendauer | } Primär-Bild |
| 4 Zündnadel | b Offenzeit | |
| 5 Brennspannungslinie | c Schließzeit | |
| 6 Unterbrecher schließt | | |



- | |
|------------------------------------|
| 1 Zündzeitpunkt, Transistor sperrt |
| 2 Zündspannung, Zenerspannung |
| 3 Transistor schaltet durch |



- | |
|------------------------------------|
| 1 Zündzeitpunkt, Transistor sperrt |
| 2 Zündspannung, Zenerspannung |
| 3 Transistor schaltet durch |
| 4 Einsatz der Strombegrenzung |



BOSCH

Robert Bosch GmbH
Geschäftsbereich Automationstechnik
Prüftechnik
Postfach 1129
D 73201 Plochingen