

## Fachheft

Kraftfahrzeugtechnologie  
Elektrik/Elektronik

Freilauf- oder Löscheinrichtungen, Verpolungs- und Überspannungsschutzsysteme, um die hohen Selbstinduktionsspannungen abzubauen und den daraus entstehenden Selbstinduktionsspannungsstromfluss in die Induktivität/Spule zurückfließen zu lassen

für  
Kraftfahrzeugtechniker/in,  
Kraftfahrzeugmechatroniker/in,  
Kraftfahrzeug-Service-Techniker/in,  
Kraftfahrzeug-Service-Mechaniker/in,  
Mechaniker/in für Land- und Baumaschinentechnik  
und Zweiradmechaniker/in

## Fachheftinhalt:

Freilauf- oder Löscheinrichtungen, Verpolungs- und Überspannungsschutzsysteme, um die hohen Selbstinduktionsspannungen abzubauen und den daraus entstehenden Selbstinduktionsspannungsstromfluss in die Induktivität/Spule zurückfließen zu lassen

- Freilauf- oder Löschiode
- Verpolungsschutzdiode
- Freilaufwiderstand
- Schottkydiode
- Varistor VDR
- Zenerdiode
- Stromverläufe

Dieses Fachheft gehört:

---

Datum:

---

## Vorwort des Autors

Das Fachheft Freilauf- oder Löscheinrichtungen, Verpolungs- und Überspannungsschutzsysteme, um die hohen Selbstinduktionsspannungen abzubauen und den daraus entstehenden Selbstinduktionsspannungsstromfluss in die Induktivität/Spule zurückfließen zu lassen, soll den Beschäftigten im Kraftfahrzeugtechniker-, Landmaschinenmechaniker-, Zweiradmechaniker-Handwerk, Technikern und Studierenden der Fahrzeugtechnik und Teilnehmern an Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen, als Nachschlagewerk zur Informationsbeschaffung und technischen Kompetenzerweiterung über das verfasste Thema dienen.

Dieses Fachheft soll Ihr vorhandenes Fachbuch ergänzen und Sie damit kompetenter und sicherer machen, um zum Beispiel Lernzielkontrollen und Abschlussprüfungen erfolgreich schreiben und bestehen zu können.

Auszubildende im Ausbildungsberuf Kraftfahrzeug-Mechatroniker/in können dieses Fachheft für das

- Lernfeld 3 Prüfen und Instandsetzen elektrischer und elektronischer Systeme,
- Lernfeld 5 Prüfen und Instandsetzen der Energieversorgungs- und Startsysteme und
- Lernfeld 7 Diagnostizieren und Instandsetzen von Motormanagementsystemen,

Auszubildende im Ausbildungsberuf Mechaniker/in für Land- und Baumaschinentechnik können dieses Fachheft für das

- Lernfeld 3 Elektrik und Elektronik,
- Lernfeld 5 Motorentchnik und
- Lernfeld 8 Komplexe Steuerungs- und Regelungssysteme,

als Informationsquelle nutzen.

Auch sollen die Inhalte dieses Fachheftes dazu dienen, dass erlernte Wissen in der täglichen Praxis so anzuwenden, dass die Kundenaufträge mit der Qualität ausgeführt werden können, die die/den Kundin/Kunden in seiner Ganzheit zufrieden stellt.

### Kundenorientiertes Handeln:

Qualität ist dann erreicht, wenn die/der Kundin/Kunde wiederkommt und nicht das Produkt.

Sollten Sie Fragen zum Thema Freilauf- oder Löscheinrichtungen, Verpolungs- und Überspannungsschutzsysteme, um die hohen Selbstinduktionsspannungen abzubauen und den daraus entstehenden Selbstinduktionsspannungsstromfluss in die Induktivität/Spule zurückfließen zu lassen haben, oder haben Sie Anregungen zum Thema, sind Sie herzlich aufgefordert, sich kundzutun.

Nehmen Sie, wenn Bedarf vorhanden ist, Kontakt über meine Internetseite, <http://www.Horst-Weinkauf.de> mit mir auf.

Horst Weinkauf

## Inhaltsverzeichnis

Fachheftinhalt _____	1
Impressum _____	2
Vorwort des Autors _____	3
Inhaltsverzeichnis _____	4
Abbildungs-Verzeichnis _____	7
Grundsätzliche Anmerkungen zum Einsatz einer Freilaufeinrichtung _____	11
Kennlinie Stromanstieg und magnetische Flussänderung in einer Induktivität _____	12
Einfache Relaisschaltung, Status: Abschaltaugenblick, Abklingstrom _____	13
Kennlinie Magnetfeldabbau, erzeugte Selbstinduktionsspannung im Ein- und Ausschaltaugenblick _____	14
Erläuterungen zur Kennlinie Magnetfeldabbau von Seite 14 _____	15
Freilaufeinrichtung, Namensgebung _____	16
Freilauf- oder Löschiode, Verpolungsschutzdiode mit Schaltbild _____	17
Einsatzzweck Verpolungsschutzdiode _____	18
Innenschaltung, Foto, eines Relais mit Freilauf- und Verpolungsschutzdiode, Schaltzeichen Diode und natürliches Aussehen einer Diode _____	19
Diverse Relais, mit unterschiedlichen Stecker codierungen, mit und ohne Freilaufeinrichtungen _____	20
Erläuterungen 1 zu den diversen Relais, Arretierung, Poka-Yoke _____	21
Erläuterungen 2 zu den diversen Relais _____	22
Erläuterungen 3 zu den diversen Relais, Darstellung eines/des Freilaufwiderstandes _____	23
Farbringdaten, um den Widerstandswert an Hand der Farbringe zu ermitteln _____	24
Relaisgrundschialtung für einen Lüftermotor _____	25
Bauteilbezeichnungen zur Relaisgrundschialtung mit Freilauf- und Verpolungsschutzdiode _____	26
Steuerstromverlauf der Relaisschialtung für einen Lüftermotor _____	27
Laststromverlauf der Relaisschialtung für einen Lüftermotor _____	28
Selbstinduktionsspannungsstromverlauf der Relaisschialtung für einen Lüftermotor, ohne Schutzbeschaltung Freilaufeinrichtung _____	29
Selbstinduktionsspannungsstromverlauf der Relaisschialtung für einen Lüftermotor, mit Schutzbeschaltung Freilaufdiode 1 und Verpolungsschutzdiode 2 _____	30
Beschreibung, Schaltbild und Einsatzzwecks eines Freilaufwiderstandes _____	31
Relaisgrundschialtung mit Freilaufwiderstand für einen Lüftermotor _____	32
Bauteilbezeichnungen zur Relaisgrundschialtung mit Freilaufwiderstand, für einen Lüftermotor _____	33
Steuerstromverlauf der Relaisschialtung mit Freilaufwiderstand, für einen Lüftermotor _____	34
Laststromverlauf der Relaisschialtung mit Freilaufwiderstand, für einen Lüftermotor _____	35
Selbstinduktionsspannungsstromverlauf der Relaisschialtung mit Freilaufwiderstand für einen Lüftermotor _____	36

Stattfindender Ladungsträgerverschiebungsprozess in einer Relaisspule, ohne Schutzbeschaltung _____	37
Erläuterungen zum Ladungsträgerverschiebungsprozess in einer Relaisspule, ohne Schutzbeschaltung _____	38
Schottkydiode, Schaltzeichen, Einsatz in einem Relais _____	39
Weitere Erläuterungen zur Schottkydiode, 0,7 V, 30,7 V _____	40
Relaisgrundschaltung mit Schottkydiode für einen Lüftermotor mit Schutzbeschaltung _____	41
Bauteilbezeichnungen zur Relaisgrundschaltung mit Schottkydiode, für einen Lüftermotor _____	42
Steuerstromverlauf der Relaisschaltung mit Schottkydiode, für einen Lüftermotor _____	43
Laststromverlauf der Relaisschaltung mit Schottkydiode, für einen Lüftermotor _____	44
Selbstinduktionsspannungsstromverlauf der Relaisschaltung mit Schottkydiode, für einen Lüftermotor _____	45
Stattfindender Ladungsträgerverschiebungsprozess der Relaisschaltung , ohne Schottkydiode _____	46
Varistor VDR, spannungsabhängiger Widerstand, Schaltzeichen, Kennlinie _____	47
Zenerdiode als Überspannungsschutz für die Zündungsendstufe mit Stromlaufplan _____	48
Erläuterungen zum Einsatz der Zenerdiode und Schaltzeichen mit Polaritätsangabe _____	49
Grundschaltung Überspannungsschutzrelais mit Zenerdiode _____	50
Bauteilbezeichnungen zur Grundschaltung Überspannungsschutzrelais mit Zenerdiode und Erläuterungen zum Einsatz der Zenerdiode _____	51
Steuerstromverlauf Überspannungsschutzrelais mit Zenerdiode _____	52
Laststromverlauf Überspannungsschutzrelais mit Zenerdiode _____	53
Zenerstromverlauf beim Erreichen der Zenerspannung $U_Z = 22 \text{ V}$ _____	54
Grundschaltung einer Relaisschaltung für einen Hydraulikpumpenmotor mit Freilaufwiderstand für die Relaisspule und Freilaufdiode für den Pumpenmotor _____	55
Bauteilbezeichnungen für die Relaisschaltung mit Freilaufwiderstand und Freilaufdiode für den Pumpenmotor, Funktionsprinzip 1 des Hydraulikpumpenmotorrelais _____	56
Funktionsprinzip 2 Relaisschaltung für einen Hydraulikpumpenmotor _____	57
Funktionsprinzip 3 Relaisschaltung für einen Hydraulikpumpenmotor _____	58
Steuerstromverlauf Relaisschaltung für einen Hydraulikpumpenmotor _____	59
Laststromverlauf Relaisschaltung für einen Hydraulikpumpenmotor _____	60
Selbstinduktionsspannungsstromverlauf der Relaisspule in der Relaisschaltung für einen Hydraulikpumpenmotor, ohne Freilaufwiderstand _____	61
Selbstinduktionsspannungsstromverlauf der Relaisspule in der Relaisschaltung für einen Hydraulikpumpenmotor, mit Freilaufwiderstand _____	62
Selbstinduktionsspannungsstromverlauf des Hydraulikpumpenmotors ohne Freilaufdiode _____	63
Selbstinduktionsspannungsstromverlauf des Hydraulikpumpenmotors mit Freilaufdiode _____	64

Anmerkung zu Selbstinduktionsspannungsstromverlauf des Hydraulikpumpenelektromotors _____	65
Wieso braucht ein normaler Lüftermotor keine Freilaufdiode? Anmerkung, Tipp 10: _____	65
Stromlaufplan Drehstromgenerators, mit elektronischem Regler, minusseitig geregelt, mit eingezeichnetem Abklingstromverlauf _____	66
Bauteilbezeichnungen und -benennungen für den Stromlaufplan Drehstromgenerator, mit elektronischem Regler, minusseitig geregelt, Abklingstromverlauf _____	67
Erläuterungen zum Abklingstromverlauf, Stromlaufplan Drehstromgenerator, mit elektronischem Regler, minusseitig geregelt _____	68
Systeme, in denen auch eine Selbstinduktionsspannung erzeugt wird, die aber nicht mit einer Schutzbeschaltung versehen sind _____	69
Grundschtung, Teilauszug Stromlaufplan Einspritzventilansteuerung _____	70
Bauteilbezeichnungen und -benennungen für die Grundschtung, Teilauszug Stromlaufplan Einspritzventilansteuerung _____	71
Aufgenommenes ti-Signal des Einspritzventils $Y_{15}$ mit dem Oszilloskop _____	72
messtechnische Aufnahme des ti-Signals, prinzipielles Anschlussschema für die Signalaufnahme des ti-Signal eines Einspritzventils mit dem Oszilloskop _____	72
Funktionsbeschreibung 1, Stromfluss, Selbstinduktionsspannung, Selbstinduktionsspannungsstromfluss, Ladungsträgerausgleich für das Einspritzventil $Y_{15}$ _____	73
Funktionsbeschreibung 2, Stromfluss, Selbstinduktionsspannung, Selbstinduktionsspannungsstromfluss, Ladungsträgerausgleich für das Einspritzventil $Y_{15}$ _____	74
Ladungsträgerverschiebungsprozess der getrennten Ladungen der Einspritzventilspule _____	75
Darstellung des Ladungsträgerverschiebungsprozesses der getrennten Ladungen der Einspritzventilspule von $Y_{15}$ in Form eines ti-Signals _____	76
Bedeutung der technischen Bezeichnungen ti und tp _____	76
Teilauszug Stromlaufplan Einspritzventilansteuerung, Basisstromverlauf $I_B$ des Schalttransistors für das Einspritzventil $Y_{15}$ und eingezeichnetem Oszilloskop für die ti-Signalaufnahme _____	77
Teilauszug Stromlaufplan Einspritzventilansteuerung, Laststromverlauf des Einspritzventils $Y_{15}$ entspricht dem Kollektorstromverlauf $I_C$ des Schalttransistors $T_2$ für das Einspritzventil $Y_{15}$ und eingezeichnetem Oszilloskop für die ti-Signalaufnahme _____	78
Fachbegriff-Verzeichnis _____	79
Schlussseite _____	81
Notizen _____	82

Funktionsbeschreibung, Stromfluss, Selbstinduktionsspannung, Selbstinduktionsspannungsstromfluss), Ladungsträgerausgleich.

Wenn das Einspritzventil  $Y_{15}$  angesteuert werden soll, muss der Transistor  $T_2$  in den leitenden Zustand geschaltet werden.

Dies geschieht dadurch, dass ein kleiner Basisstrom  $I_B$  in den Transistor über die Basis fließt. Dieser Basisstrom ruft den hohen Kollektorstromfluss  $I_C$  hervor. Dieser Kollektorstromfluss stellt jetzt den Stromfluss für das Einspritzventil dar. Das heißt, dieser Stromfluss erzeugt das/ein Magnetfeld in der Ventilschleife, um den Ventildichtsitz zu öffnen, damit Kraftstoff auf das geschlossene Einlassventil gespritzt werden kann. Ist der Einspritzvorgang abgeschlossen, schaltet man den Transistor  $T_2$  in den gesperrten Zustand, das heißt, der Stromfluss durch das Einspritzventil wird unterbrochen. Durch diese Unterbrechung bricht das zuvor bestandene Magnetfeld zusammen und schneidet dabei die Wicklungen des Einspritzventils. Es wird jetzt in der Spule eine Selbstinduktionsspannung induziert, die einen Selbstinduktionsspannungsstromfluss hervorruft, der die gleiche Richtung hat, wie die zuvor angelegte Spannungsquelle war. [Diese Selbstinduktionsspannung hat eine Spannungshöhe von ca. 40 – 80 V.](#)

Da diese Selbstinduktionsspannungshöhe relativ klein ist, hat man hierbei keine Schutzbeschaltung, weder am Einspritzventil, noch am Schalttransistor verbaut.

[Was geschieht dabei technisch in diesem System?](#)

Nun, eine Selbstinduktionsspannung wird auf jeden Fall erzeugt.

Diese Selbstinduktionsspannung ist ja nichts anderes, als ein Ladungsträgerverschiebungsprozess innerhalb der Spule. Die Ladungsträgerverschiebungsrichtung durch die Selbstinduktionsspannung, ist so gerichtet, dass sie eine Ladungsträgerverschiebung hervorruft, die die gleiche Richtung hat, wie die zuvor angelegte Spannungsquelle war. Das heißt, am Anschluss des Einspritzventils, wo Minus war, ist jetzt das positive Potenzial, der Anschluss, der vom Ursprung Pluspotenzial führte, ist jetzt negativ. Im Grunde genommen, alles wie gehabt, die Ladungsträgerverschiebungsrichtung ist bei allen Systemen, ob Relaispule, oder Elektromotor, im Abschaltmoment gleich.

Bei den Einspritzventilen ist im Abschaltmoment kein geschlossener Stromkreis vorhanden, das heißt, es kommt nicht zu einem Stromfluss, sondern es werden die Ladungsträger in einer Richtung verschoben, dadurch entsteht in der Spule wiederum eine Potenzialdifferenz, die sich auszugleichen versucht. Dieses Ausgleichen findet unmittelbar danach statt, wenn der Höchstwert der Induktionsspannung erreicht ist. Die Ladungsträger verschieben/verteilen sich jetzt über die gesamte Leiterlänge und -fläche der Spule. Ist dieser Vorgang abgeschlossen, ist keine Potenzialdifferenz an den Spulenden vorhanden und auch nicht messbar.

Die Ladungsträgerverschiebung hat folgenden Verlauf:

In der Spule wird eine Spannung induziert, die eine Potenzialverschiebungsrichtung hervorruft, die folgende Polarität entstehen lässt: Anschlusspin 1  $Y_{15}$  hat negatives Potenzial, Anschlusspin 2  $Y_{15}$  hat positives Potenzial. Die Elektronen verlassen, durch das zusammenbrechende Magnetfeld in der Einspritzventilspule vom Anschluss C des Transistors  $T_2$  über den Messwiderstand  $R_M$  Steuergerät Anschlusspin 14, bis zum Anschlusspin 2 der Einspritzventilspule ihren Platz am/im Atom. Es entsteht auf diesem Stück Leiterlänge demzufolge ein Elektronenmangel, es bleiben also „Löcher“, Elektronenfehlstellen übrig. Die Elektronen werden, durch das zusammenbrechende Magnetfeld, bis zum Emitteranschluss des Transistors  $T_2$  verschoben. Vom Anschlusspin 1  $Y_{15}$  werden die Elektronen jetzt zum Relais  $K_{15}$  Anschlussklemme 88a, über den nach wie vor geschlossenen Laststromschalter des Relais nach Klemme 88 hin verschoben, von dort durch die Sicherung, nach Klemme 30, von dort durch die Batterie nach Masse Klemme 31, von dort durch den entsprechenden PIN am DME Steuergerät, hier in unserer Schaltung PIN 2, zum Emitteranschluss des Transistors  $T_2$ .

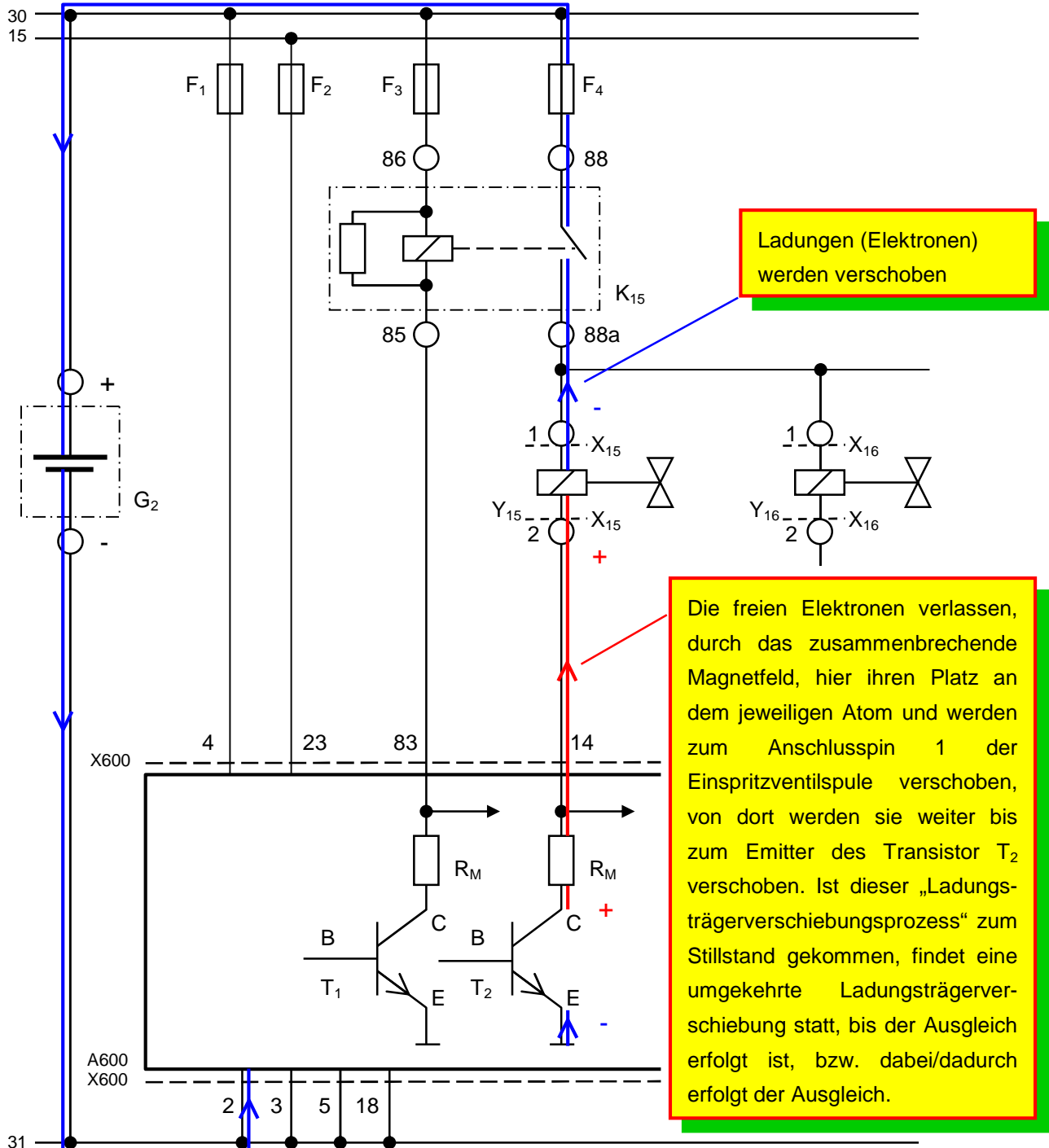
Da der Transistor  $T_2$  sich aber jetzt im gesperrten Zustand befindet, kann hierüber kein Ausgleich erfolgen.

Dadurch, dass der Transistor  $T_2$  gesperrt ist, können die Ladungen nicht durch die Kollektor-Emitter-Strecke verschoben werden, sie werden also gestoppt. Ist dieser Zeitpunkt erreicht, können wir an der Kollektor-Emitter-Strecke eine Spannung, in unserem Beispiel, von 50 V messen, siehe *-Abb.: 9.2 aufgenommenes ti-Signal des Einspritzventils  $Y_{15}$  mit dem Oszilloskop  $U_2$ -*. Diese Spannungshöhe schadet der Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors nicht, sie ist ungefährlich für den Transistor  $T_2$ . Wenn also dieser Zeitpunkt erreicht ist, findet sofort eine umgekehrte Ladungsträgerverschiebung statt. Es ist ja eine Potenzialdifferenz innerhalb der Spule des Einspritzventils entstanden, die sich ausgleichen will. Alsdann gleichen sich die zuvor getrennten Ladungen innerhalb der Einspritzventilspule aus. Somit ist der Vorgang des Ansteuerns, der Induktionsspannungserzeugung und des Ausgleichens abgeschlossen. Siehe *-Abb.: 9.3.1 Darstellung des Ladungsträgerverschiebungsprozesses in Form des ti-Signals des Einspritzventils  $Y_{15}$ , aufgenommen mit einem Oszilloskop-*

Ladungsträgerverschiebungsprozess/Stromverläufe, siehe nachfolgende Seiten



Abb.: 9.3 Teilauszug Stromlaufplan Einspritzventilansteuerung, hier, Ladungsträgerverschiebungsprozess der getrennten Ladungen der Einspritzventilspule, im Abschaltaugenblick



● Elektronenmangel bis zum Kollektoranschluss des Transistors  $T_2$

● Elektronenüberschuss bis zum Emitteranschluss des Transistors  $T_2$