

DER SICHERE WEG ZUR MEISTERPRÜFUNG  
IM KFZ-TECHNIKER-HANDWERK

Anton Herner / Hans-Jürgen Riehl

# Elektrik, Elektronik

3., überarbeitete und erweiterte Auflage

Vogel Buchverlag

Technische Akademie des Kfz-Gewerbes (TAK)

# Inhaltsverzeichnis

Geleitwort .....	5
Vorwort .....	7
<b>1 Elektrische Grundgrößen .....</b>	<b>17</b>
1.1 Atomaufbau .....	17
1.2 Spannung .....	17
1.3 Strom .....	18
1.4 Widerstand .....	18
1.5 Möglichkeiten der Spannungserzeugung .....	19
1.6 Wirkungen des elektrischen Stroms .....	20
1.7 Sicherheitsbestimmungen .....	21
1.7.1 Wirkungen des elektrischen Stroms auf den Menschen .....	21
1.7.2 Erste Hilfe bei Stromunfällen .....	22
1.8 Spannungsarten .....	22
<b>2 Schaltpläne .....</b>	<b>25</b>
2.1 Bauteile und Aufbau eines Stromkreises .....	25
2.2 Schaltzeichen .....	28
2.3 Schaltpläne .....	28
2.3.1 Anschlussplan .....	29
2.3.2 Stromlaufplan .....	29
2.4 Kennzeichnung elektrischer Geräte .....	29
2.5 Klemmenbezeichnung .....	29
2.6 Schaltpläne .....	34
2.6.1 Beispiel VW .....	34
2.6.2 Beispiel Ford .....	36
2.7 Lage von Komponenten im Kraftfahrzeug .....	42
<b>3 Messwerterfassung mit dem Multimeter .....</b>	<b>45</b>
3.1 Multimeterarten .....	45
3.2 Bezeichnungen am Analog-Multimeter .....	47
3.3 Bezeichnungen am Digital-Multimeter .....	48
3.4 Toleranzangaben bei Multimetern .....	50
3.4.1 Analoge Multimeter .....	50
3.4.2 Digitale Multimeter .....	51
3.5 Fehlersuche mit Hilfe der Spannungsmessung .....	52
3.6 Fehlersuche mit Hilfe der Strommessung .....	57
3.7 Fehlersuche mit Hilfe der Widerstandsmessung .....	60
3.8 Übersicht: Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessung .....	64
3.9 Arbeiten mit Fehlersuchprogrammen .....	65
3.9.1 Fehlersuche VW .....	65
3.9.2 Fehlersuche Ford .....	68
<b>4 Elektrische Grundschaltungen .....</b>	<b>73</b>
4.1 Ohm'sches Gesetz .....	73
4.2 Spannungsverlust .....	74
4.2.1 Spannungen im geschlossenen Stromkreis .....	74
4.2.2 Spannungen im geöffneten Stromkreis .....	75
4.3 Elektrische Leistung .....	76
4.3.1 Einfluss eines zusätzlichen Verbrauchers auf den Spannungsfall in den Zuleitungen .....	77
4.4 Spezifischer Widerstand eines Leiters .....	78
4.5 Reihen- und Parallelschaltung .....	79
4.5.1 Reihenschaltung .....	79

4.5.2	Parallelschaltung	80
4.5.3	Übersicht	82
4.6	Gemischte Schaltungen	83
4.6.1	Erweiterte Reihenschaltung	83
4.6.2	Erweiterte Parallelschaltung	85
4.7	Spannungsteiler, Potentiometer	86
4.7.1	Unbelasteter Spannungsteiler	86
4.7.2	Belasteter Spannungsteiler	87
4.8	Temperaturabhängige Widerstände	87
4.8.1	PTC-Widerstände	87
4.8.2	NTC-Widerstände	89
4.9	Kondensator	91
4.9.1	Kondensator als Ladungsspeicher	91
4.9.2	Stromrichtung	91
4.9.3	Aufbau	92
4.9.4	Funktionsweise	92
4.9.5	Lade- und Entladevorgang	93
4.9.6	Kondensator im Wechselstromkreis	94
4.9.7	Kondensator als Entstörmittel im Kfz	95
4.10	Induktivität	96
4.10.1	Magnetismus	96
4.10.2	Magnetische Induktion	100
4.10.2.1	Induktion der Bewegung	100
4.10.2.2	Induktion der Ruhe	101
4.10.3	Spule	102
4.10.3.1	Selbstinduktion beim Einschalten einer Spule	102
4.10.3.2	Selbstinduktion beim Ausschalten einer Spule	104
4.10.4	Motor- und Generatorprinzip	105
4.10.4.1	Motorprinzip	105
4.10.4.2	Generatorprinzip	107
4.10.5	Relais	109
4.10.5.1	Arbeitsweise	109
4.10.5.2	Bauarten	112
4.10.5.3	Prinzipieller Aufbau eines Reedrelais	113
4.10.5.4	Beispiele für den Einsatz von Reedrelais im Kfz	113
4.10.5.5	Fehlersuche in einer Relaischaltung	115
<b>5</b>	<b>Grundsaltungen der Elektronik</b>	<b>121</b>
5.1	Diode	121
5.1.1	Diode als elektrisches Ventil	121
5.1.2	Diodenprüfung	122
5.1.3	Anwendungen der Diode – Gleichrichtung von Wechselströmen	123
5.1.4	Brückenschaltung zur Drehstromgleichrichtung	124
5.1.5	Diode zur Entkopplung von Stromkreisen	126
5.1.6	Diode zur Unterdrückung von Induktionsspannungen	126
5.1.7	Kennzeichnung von Dioden	127
5.2	Zenerdiode	127
5.2.1	Eigenschaften	127
5.2.2	Z-Diode im Überspannungsschutzrelais	128
5.2.3	Z-Diode als Gleichrichterdiode im Drehstromgenerator	128
5.3	Leuchtdiode (LED)	128
5.3.1	Eigenschaften	129
5.3.2	Aufbau	129
5.3.3	Anwendungsbeispiele	131
5.3.4	Lichtabhängiger Widerstand (LDR)	131
5.4	Fotodioden	134
5.4.1	Eigenschaften einer Fotodiode	135
5.4.2	Anwendungsbeispiele für Fotodioden	135
5.4.2.1	Regen-Licht-Sensor	135
5.4.2.2	Sensor für Sonneneinstrahlung	137
5.4.2.3	Automatisch abblendbarer Innenspiegel	138
5.4.2.4	Berührungslose Temperaturmessung	139

5.5	Transistor	140
5.5.1	Transistor als steuerbares Bauelement	141
5.5.2	Vergleich: Relais – Transistor	143
5.5.3	Transistor als Verstärker	144
5.5.4	Tastverhältnis	145
<b>6</b>	<b>Systemanalyse und Signalfusspläne</b>	<b>147</b>
6.1	Wirkungsbezogene Analyse	147
6.2	System Kraftfahrzeug	148
6.3	Signalfussplan	149
<b>7</b>	<b>Grundlagen der Digitaltechnik</b>	<b>151</b>
7.1	Unterscheidung: analog – digital	151
7.2	Prinzip der analogen Übertragung	152
7.2.1	Problem der analogen Übertragung	153
7.2.2	Beispiel für eine analoge Übertragung	153
7.3	Schaltlogik mit Hilfe digitaler Grundschaltungen	155
7.4	Überblick: Logische Grundfunktionen	158
7.5	Logikbausteine als Verarbeitungsglieder	159
7.5.1	Signalpegel	159
7.5.2	Signalpegel im Kfz	160
7.6	Logische Verknüpfungen	160
7.6.1	UND-Verknüpfung	160
7.6.2	ODER-Verknüpfung	162
7.6.3	NICHT-Verknüpfung	163
7.6.4	Übersicht	164
7.6.5	Gebräuchliche Abkürzungen	164
7.6.6	Gebräuchliche Schaltzeichen	165
7.6.7	Beispiel	165
7.7	Weitere Grundschaltungen	167
7.8	Duales Zahlensystem	168
<b>8</b>	<b>Datenaustausch im Kfz</b>	<b>171</b>
8.1	Beispiel	172
8.2	Informationsverarbeitung im Steuergerät	174
8.3	Analog-Digital-Umsetzer	176
8.4	Steckverbindungen als Schwachstellen des Systems	177
8.5	Datenaustausch über Datenbus	178
8.6	Eigendiagnose	179
8.6.1	Überwachung eines Sensors: Geber für die Kühlmitteltemperatur	180
8.6.2	Überwachung eines Stellgliedes: Leerlauffüllungsregelung	182
8.7	Diagnosebus	183
8.8	Bordnetz und Lastmanagement	190
<b>9</b>	<b>Steuern und Regeln</b>	<b>197</b>
9.1	Unterscheidung: Steuern – Regeln	197
9.1.1	Steuerkette	197
9.1.2	Regelkreis	197
9.2	Steuern	198
9.2.1	Definition: Steuerung	198
9.2.2	Glieder der Steuerkette	198
9.2.3	Ein- und Ausgabegrößen der Steuerkette	198
9.2.4	Steuerungsarten (Unterscheidungsart: Signaldarstellung)	200
9.2.5	Binäre Steuerungen	201
9.2.6	Analoge Steuerungen	201
9.2.7	Digitale Steuerungen	202
9.2.8	Steuerungsarten (Unterscheidungsart: Signalverarbeitung)	203
9.3	Regeln	204
9.3.1	Der Mensch als Regler in einem Regelkreis	204
9.3.2	Definition: Regelung	205
9.3.3	Blockdarstellung des Regelkreises	206

9.3.4	Bestandteile der Regeleinrichtung .....	207
9.3.5	Größen der Regelungstechnik .....	208
9.3.6	Einteilung der Regler .....	208
9.3.7	Übergangsverhalten .....	209
9.3.8	Stromregelung .....	209
9.3.9	Leerlauf-Drehzahlregelung .....	210
9.3.10	Tankentlüftungssystem .....	214
9.4	Adaptive Regelsysteme .....	215
9.4.1	Adaption am Beispiel der Lambda-Regelung .....	216
9.4.2	Diagnoseprobleme durch die Adaption .....	218
<b>10</b>	<b>Werkstattoszilloskop .....</b>	<b>219</b>
10.1	Analoge und digitale Signaldarstellung .....	219
10.2	DC-/AC-Kopplung .....	220
10.3	Y-Achse .....	220
10.4	X-Achse .....	221
10.5	Trigger .....	222
10.5.1	Triggerpegel .....	222
10.5.2	Triggerflanke .....	223
10.6	Darstellung typischer Sensorsignale .....	223
10.7	Generatortest .....	225
10.7.1	Oberwelligkeit .....	225
10.7.2	Auswirkung der Ankopplung auf die Darstellung .....	226
10.7.3	Fehlerbeispiele im Generatortest .....	226
<b>11</b>	<b>Datenbussysteme .....</b>	<b>229</b>
11.1	Entwicklung der elektronischen Systeme .....	229
11.2	Notwendigkeit von Bussystemen .....	230
11.3	Grundlagen Bussysteme .....	232
11.3.1	Busstrukturen .....	233
11.3.2	Grundlagen der digitalen Datenübertragung .....	235
11.4	CAN-Bus .....	237
11.4.1	Signalaufprägung .....	237
11.4.2	Kommunikationsablauf .....	241
11.4.3	Diagnose .....	244
11.5	LIN-Bus .....	249
11.6	Optische Datenbussysteme .....	252
11.6.1	Signalübertragung über Lichtwellenleiter .....	252
11.6.2	MOST-Bus .....	254
11.6.3	Diagnose MOST-Bus .....	255
11.6.4	Byteflight .....	256
11.7	Bluetooth .....	258
11.8	FlexRay .....	260
11.9	Beispiele Vernetzung .....	262
11.10	Programmieren, Codieren, Personalisieren, Individualisieren .....	267
<b>12</b>	<b>Zündsysteme .....</b>	<b>275</b>
12.1	Kontaktlos gesteuerte Zündung .....	275
12.1.1	Vorteile .....	275
12.1.2	Aufbau und Funktion .....	276
12.1.3	Induktive Signalauslösung bei der Transistorspulenzündung .....	277
12.1.4	Signalauslösung durch Hallgeber .....	278
12.1.5	Fehlersuche an kontaktlos gesteuerten Zündanlagen .....	279
12.2	Elektronische Zündung .....	283
12.2.1	Funktionsschema mit Ein- und Ausgängen am Steuergerät .....	284
12.2.2	Die wichtigsten Eingangssignale für die Zündzeitpunkt (ZZP)-Berechnung .....	285
12.2.3	Zusätzlich mögliche Eingangssignale .....	286
12.2.4	Ausgangssignale und Hinweise zur Fehlersuche .....	288
12.3	Vollelektronische Zündung .....	288
12.3.1	Aufbau und Vorteile der ruhenden Hochspannungsverteilung .....	288
12.3.2	Ruhende Hochspannungsverteilung über Doppelfunkenspulen .....	290

12.3.3	Zündstromrückmeldung bei der ruhenden Hochspannungsverteilung .....	291
12.3.4	Hinweise zur Fehlersuche .....	291
<b>13</b>	<b>Einspritzsysteme .....</b>	<b>293</b>
13.1	Kontinuierliche Einspritzung (K-Jetronic) .....	294
13.1.1	Funktionsbeschreibung und Systemübersicht .....	294
13.1.2	Bauteile und ihre Funktionsweisen .....	295
13.1.3	Zusätzliche elektrisch gesteuerte Bauteile .....	300
13.1.4	Elektrische Schaltung .....	302
13.1.5	K-Jetronic mit Lambda-Regelung .....	303
13.2	KE-Jetronic .....	303
13.2.1	Unterschiede im Grundsystem gegenüber der K-Jetronic .....	305
13.2.2	Eingangssignale und deren Bedeutung für die elektronische Steuerung .....	305
13.2.3	Beeinflussung der Einspritzmenge durch den elektrohydraulischen Drucksteller .....	307
13.3	Intermittierende Einspritzung (L-Jetronic) .....	308
13.3.1	Allgemeine Funktionsbeschreibung .....	308
13.3.2	Bauteile und ihre Funktionen .....	309
13.3.3	Steuergerätefunktionen .....	318
13.3.4	Gesamtübersicht mit Schaltplan .....	320
13.4	Mono-Jetronic .....	321
13.4.1	Kraftstoffsystem .....	322
13.4.2	Eingangssignale zur Erfassung des Betriebszustandes .....	324
13.4.3	Steuergerätefunktionen und Ausgangssignale .....	325
13.5	Lambda-Regelung .....	327
13.5.1	Gemischadaption .....	328
13.5.2	Aufbau und Funktion der Lambda-Sonde .....	329
13.5.3	Titandioxid-Lambda-Sonde .....	331
13.5.4	Planarsonde .....	332
13.5.5	Planare Breitband-Lambda-Sonde .....	332
13.6	Elektronisch geregelte Dieseleinspritzsysteme .....	333
13.6.1	Allgemeine Beschreibung mit Systemübersicht .....	333
13.6.2	Eingangssignale im Detail und ihr Einfluss auf die Funktion ..	334
13.6.3	Ansteuerung der verschiedenen Einspritzpumpen und sonstige Ausgangssignale .....	337
13.6.4	Diesel-Direkteinspritzung .....	342
13.6.4.1	Radialkolben-Verteilereinspritzpumpe .....	342
13.6.4.2	Pumpe-Düse-Einheit, Pumpe-Leitung-Düse .....	346
13.6.4.3	Speichereinspritzsystem – Common Rail .....	346
13.6.5	Maßnahmen zur Abgasreduzierung bei Dieselfahrzeugen .....	352
<b>14</b>	<b>Kombinierte Zünd- und Einspritzsysteme und aktuelle Anforderungen .....</b>	<b>355</b>
14.1	Allgemeines .....	355
14.2	Zusatzfunktionen bei den verschiedenen Varianten der elektronischen Motorsteuerungen .....	356
14.3	Digitale Motorelektronik mit Saugrohreinspritzung .....	359
14.4	Digitale Motorelektronik für Benzin-Direkteinspritzer .....	363
14.5	Europäische On-Board-Diagnose (E-OBD) .....	365
14.6	Alternative Antriebe mit Gas .....	368
14.6.1	Einführung und Begriffsdefinitionen .....	368
14.6.2	Erdgasantrieb .....	370
14.6.3	Autogasanlagen und Nachrüstungen .....	374
14.6.4	Gesetzliche Anforderungen .....	375
<b>15</b>	<b>Fahrdynamische Regel- und Steuersysteme .....</b>	<b>377</b>
15.1	Anti-Blockier-System (ABS) .....	377
15.1.1	Grundsätzliche Funktionen des ABS und allgemeiner Aufbau ..	377
15.1.2	Raddrehzahlfühler .....	379
15.1.3	Geschlossenes System mit 3/3-Magnetventilen .....	380
15.1.4	Offenes System mit 2/2-Magnetventilen .....	383

15.1.5	Geschlossenes System mit 2/2-Magnetventilen	385
15.1.6	ABS beim Motorrad	388
15.2	Antriebsschlupf-Regelungen	391
15.2.1	Antriebsschlupf-Regelung mit 3/3-Magnetventilen	393
15.2.2	Antriebsschlupf-Regelung mit 2/2-Magnetventilen	397
15.3	Fahrstabilitätsregelungen	401
15.3.1	Funktionsbeschreibung der Fahrstabilitätsregelung	401
15.3.2	Ein- und Ausgangssignale	404
15.4	Geregelte Sperren	410
15.4.1	Ein- und Ausgänge am Steuergerät	411
15.4.2	Elektrohydraulische und elektromagnetische Sperre	413
15.4.3	Stromlaufplan eines Allradsystems mit elektrohydraulischer und elektromagnetischer Sperre	416
15.5	Elektronische Dämpferkraftverstellung	417
<b>16</b>	<b>Passive Sicherheitssysteme</b>	<b>421</b>
16.1	Einführung	421
16.2	Funktion und Bauteile des Fahrer- und Beifahrer-Airbags	422
16.3	Systemüberwachung und Sicherheitsvorschriften	429
16.4	Seitenairbag	434
16.5	Kopfairbag/Windowbag	435
16.6	Pyrotechnischer Gurtstraffer	437
16.7	Kompakt-Airbag (Eurobag)	440
16.8	Beispiel eines Komplettsystems	441
<b>17</b>	<b>Diebstahlschutzsysteme</b>	<b>445</b>
17.1	Elektronische Wegfahrsicherungen	445
17.1.1	Wegfahrsicherung mit Transponder	446
17.1.2	Beispiel einer nachgerüsteten Wegfahrsicherung	449
17.2	Diebstahl-Alarmanlagen	451
17.2.1	Allgemeine Systembeschreibung	451
17.2.2	Eingangssignale mit Bauteilen im Detail	452
17.2.3	Ausgangssignale und Schaltplan einer Diebstahl-Alarmanlage	459
<b>18</b>	<b>Systeme der Komfortelektronik</b>	<b>463</b>
18.1	Heiz- und Klimaregelung	463
18.1.1	Allgemeine Funktionsweise und Systemaufbau	463
18.1.2	Funktionsprinzip einer Klimaanlage	465
18.1.3	Eingangssignale	467
18.1.4	Ausgangssignale und Wirkungsweise	470
18.1.5	Schaltplan	474
18.2	Elektronische Automatik-Getriebebesteuerung	477
18.2.1	Systembeschreibung	477
18.2.2	Ein- und Ausgangssignale im Detail	479
18.2.3	Stufenloses Automatikgetriebe	485
18.3	Elektronisches Kupplungsmanagement und automatisiertes Schaltgetriebe	488
18.3.1	Elektronisches Kupplungsmanagement	488
18.3.2	Automatisiertes Schaltgetriebe	492
18.4	Fahrgeschwindigkeitsregelung	494
18.4.1	Funktionsbeschreibung	494
18.4.2	Bauteile, Ein- und Ausgänge im Detail	496
18.4.3	Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregelung	499
18.5	Elektronische Abstandsmessung als Einparkhilfe	504
18.6	Zentralverriegelung	509
18.6.1	Zentralverriegelung mit pneumatischen Stellelementen	510
18.6.2	Zentralverriegelung mit elektrischen Stellmotoren	514
18.6.3	Komfortzugang	520
18.7	Elektrische Fensterheber	522
18.8	Elektrisch betätigte Schiebedächer	527
18.9	Elektrisch verstellbare Außenspiegel	529

18.10 Elektrische Sitzverstellung .....	531
18.11 Elektrische Sitz-/Spiegelverstellung mit Positionsspeicherung .....	533
18.12 Elektrische Lenksäulenverstellung .....	535
18.13 Zusatzheizungssysteme .....	537
18.13.1 Verschiedene Varianten .....	537
18.13.2 Funktion des Heizgerätes .....	540
18.13.3 Hinweise für die Nachrüstung und gesetzliche Vorschriften ...	541
18.13.4 Diagnose und Schaltplan einer Standheizung .....	544
<b>19 Integrierte Fahrerinformationssysteme .....</b>	<b>547</b>
19.1 Allgemeines .....	547
19.2 Verschiedene Eingabemöglichkeiten und Eingangssignale .....	548
19.3 Anzeige und Wiedergabe .....	552
19.4 Navigationssysteme .....	553
19.4.1 Allgemeines .....	553
19.4.2 Positionsbestimmung und Routenberechnung .....	553
19.4.3 Komponenten und Technik im Fahrzeug .....	555
19.4.4 Mögliche Funktionen .....	558
19.4.5 Mögliche Fehlfunktionen und deren Ursachen .....	560
19.5 Telefon im Kraftfahrzeug .....	562
19.5.1 Entwicklung des Mobilfunks .....	562
19.5.2 Grundlagen, Funktion und Technik .....	563
19.5.3 Beispiele verschiedener Varianten und Entwicklungsstufen ...	566
19.5.3.1 Festeinbau Stand Ende der 90er-Jahre .....	566
19.5.3.2 Handyvariante in Fahrzeug integriert .....	568
19.5.3.3 Aktuelle Handy-Nachrüstlösung ohne Fahrzeugintegration .....	569
19.5.3.4 Festeinbau Stand Anfang 2000 und Integration in Fahrerinformationssysteme .....	571
19.5.3.5 Telefon mit Bluetooth-Technik und integriert in Fahrerinformationssysteme .....	572
19.6 Telematikfunktionen .....	574
19.6.1 Verkehrstelematik .....	575
19.6.2 Notruffunktion .....	577
19.6.3 Online-Dienste .....	579
19.6.4 Fahrzeugspezifische Telematikfunktionen und Ausblick .....	580
<b>20 Hybridsysteme .....</b>	<b>583</b>
20.1 Definition .....	583
20.2 Einteilung .....	583
20.2.1 Einteilung nach der Bauweise .....	583
20.2.1.1 Paralleler Hybrid .....	583
20.2.1.2 Serieller Hybrid .....	583
20.2.1.3 Mischhybrid oder verzweigter Hybrid .....	584
20.2.1.4 Plug-In-Hybrid .....	584
20.2.2 Einteilung nach Elektrifizierungsgrad .....	584
20.2.2.1 Micro Hybrid .....	584
20.2.2.2 Mild Hybrid .....	585
20.2.2.3 Full Hybrid .....	586
20.3 Antrieb der Nebenaggregate .....	589
20.4 Vorteile und Probleme elektrischer Fahrzeugantriebe .....	590
20.4.1 Zusammenspiel von Elektro- und Verbrennungsmotor .....	590
20.4.2 Vorteile elektrischer Fahrzeugantriebe .....	590
20.4.3 Nachteile elektrischer Fahrzeugantriebe .....	591
20.5 Toyota Prius als Beispiel für einen Seriell-parallel-Hybriden .....	592
20.5.1 Komponenten des Antriebs .....	592
20.5.2 HV-Akkumulatoren .....	593
20.5.2.1 Nickel-Metallhydrid-Akkumulator .....	593
20.5.2.2 Lithium-Ionen-Akkumulator .....	595
20.5.3 Leistungsverzweigung .....	597
20.5.4 Aufbau und Funktion der Drehstrom-Synchronmaschine .....	598



---

20.5.5	Inverter/Konverter .....	601
20.5.6	Elektronische Steuereinheit .....	602
20.5.7	Hybrid-Sicherheitssystem des Prius .....	603
20.6	HV-eigensichere Fahrzeuge .....	605
20.6.1	Eigensicherheit .....	605
20.6.2	Sicherheitsprinzipien bei HV-Fahrzeugen .....	606
20.6.3	Technische Schutzmaßnahmen bei Wartungen an HV-Systemen .....	606
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>609</b>
	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>611</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>613</b>