

Vorwort

„Der Unterschied zwischen Theorie und Praxis ist in der Praxis weit höher als in der Theorie.“

Ernst Ferstl (*1955), österreichischer Lehrer, Dichter und Aphoristiker

Nichtsdestotrotz wird die Theorie weit häufiger gebraucht, um die Praxis zu verstehen, als der Praktiker meint. Dieses Buch ist ein Bindeglied zwischen theoretischem Hintergrundwissen und praktischer Anwendung, denn es gibt zusätzlich zu Systembeschreibungen viele Tipps zur direkten praktischen Umsetzung. Außerdem enthält es Informationen in tabellarischer und lexikalischer Form, die schnell „griffbereit“ sein sollten.

Es wurde für Servicetechniker geschrieben, die im Werkstattalltag heutzutage diejenigen sind, die am häufigsten mit kniffligen, technischen Problemen konfrontiert werden. Zu deren Lösung sind meist umfangreiche Systemkenntnisse erforderlich. Das Buch bietet deshalb die Möglichkeit, sich diese Kenntnisse umfassend im Rahmen der Fortbildung zum Servicetechniker anzulesen. Es ist aber auch dazu geeignet, „mal eben“ im Stress der Werkstatt einen Blick zu riskieren, um schnell und direkt zu einer Lösung zu kommen.

Das Buch hat nicht den Anspruch, die Naturwissenschaften vollumfänglich zu erläutern oder gar in Frage zu stellen. Es beschränkt sich daher auf allgemein gültige Annahmen ohne alternative Theorien aufzugreifen.

Michael Respondeck

Geleitwort „Servicetechniker-Wissen“



Das Kraftfahrzeuggewerbe verändert sich rasant. Insgesamt wird Mobilität immer komplexer. Themen wie autonomes Fahren, Konnektivität, Fernwartung und -diagnose haben Auswirkungen auf die Aftersales-Welt. Das gilt für Werkstatt und Technik genauso wie für Management und Auftragsabwicklung.

Für Servicetechniker ergeben sich daraus neue Anforderungen an Wissen und Können, an Theorie und Praxis. Um Fahrzeuge auch in der Zukunft den Kundenbedürfnissen entsprechend reparieren zu können, benötigen sie als Mitarbeiter einer Werkstatt oder eines Reparaturbetriebs ein deutlich erweitertes Fachwissen. Der Serviceauftrag verändert sich: Rechtliche Aspekte werden wichtiger.

Die Möglichkeiten, zeitwertgerechte Reparaturen zu berücksichtigen, gewinnen für die Kundenbindung an Bedeutung. Allein auf dem Weg vom Kunden- zum Werkstattauftrag kann man sehr viel falsch, aber eben auch richtig machen.

Auf der technischen Seite stellen immer umfangreichere Assistenzsysteme neue Anforderungen. Diagnosestrategien verändern sich. In zunehmend vernetzten Fahrzeugen wird die richtige Interpretation von Fehlern noch wichtiger. „Servicetechniker-Wissen“ hilft Ihnen, neue Anforderungen einzuordnen und via Serviceorganisation und Management in geregelte Prozesse zu bringen. Neue Aspekte der Betriebsorganisation helfen gleichermaßen, Auftragsabwicklung technisch sauber und organisatorisch effektiv zu gestalten.

Daher ist dieses Buch sowohl für diejenigen gedacht, die bereits als Servicetechniker an der Front stehen und täglich unter Beweis stellen müssen, dass ihr Know-how dem Kunden weiterhilft, als auch für diejenigen, die noch auf dem Weg sind, Servicetechniker zu werden. Alles, was sie für ihre zukünftige Aufgabe als Problemlöser im Betrieb wissen müssen, finden Sie in den Bänden 1 und 2.

In diesem Sinne: Viel Spaß beim Lesen und einen hohen Wirkungsgrad beim Lernerfolg!

Freundlichst

Ihr Wilhelm Hülsdonk

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Vorwort von Helmut Ernst, ZF Aftermarket | 5 |
| Vorwort von Michael Respondeck | 6 |
| Geleitwort von Wilhelm Hülsdonk | 7 |
| 1 Diagnose | 17 |
| 1.1 Multimeterarten | 22 |
| 1.2 Analoge und digitale Signaldarstellungen | 24 |
| 1.3 Chronologischer Ablauf der Messungen | 27 |
| 1.4 Aktor-Prüfungen | 28 |
| 2 Grundlagen der Sensorik | 31 |
| 2.1 Allgemeine Begriffsbestimmung | 31 |
| 2.2 Temperatursensorik | 35 |
| 2.2.1 Optische Temperaturerfassung: Pyrometer | 38 |
| 2.2.2 Thermoelemente | 39 |
| 2.3 Reedkontaktschalter | 40 |
| 2.4 Potentiometer | 43 |
| 2.5 Dehnungsmessstreifen | 49 |
| 2.6 Hallsensor | 50 |
| 2.7 Magnetoresistive Sensoren | 55 |
| 2.8 Induktive Sensoren | 56 |
| 2.8.1 Passive, induktive Sensoren | 56 |
| 2.8.2 Aktive, induktive Sensoren | 58 |
| 2.8.3 Induktiver Sensor als Ultraschall-Wandler | 59 |
| 2.9 Kapazitive Sensoren | 59 |
| 2.9.1 Kapazitiver Wegsensor | 60 |
| 2.9.2 Kapazitiver Füllstandssensor | 60 |
| 2.10 Piezoelektrische Wegsensoren | 62 |
| 2.11 Photoelektrische Wegsensoren | 65 |
| 2.12 Kraft-, Druck- und Drehmomentsensorik | 66 |
| 2.13 Fluidsensorik | 69 |
| 2.13.1 Luftmengenmesser | 69 |
| 2.13.2 Luftmassenmesser | 70 |
| 2.13.2.1 Ultraschall- Luftmassenmesser | 71 |
| 2.13.2.2 Hitzdraht-Luftmassenmesser | 71 |
| 2.13.2.3 Heißfilm-Luftmassenmesser | 72 |
| 2.13.2.4 Heißfilm-Luftmassenmesser mit Rückstromerkennung | 73 |
| 2.14 Lambda-Sonden | 75 |
| 2.14.1 Spannungssprungssonde | 75 |
| 2.14.2 Widerstandssprungssonde | 78 |
| 2.14.3 Breitbandlambdasonde | 79 |
| 2.15 Sonstige Spezialsensoren | 80 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3 | Assistenzsysteme | 81 |
| 3.1 | Optische Systeme | 82 |
| 3.1.1 | Regen-/Lichtsensoren | 82 |
| 3.1.2 | Kameras | 84 |
| 3.1.3 | Verkehrszeichenerkennung und Geschwindigkeitsbegrenzer | 85 |
| 3.1.4 | Spurverlasswarner und Spurhalteassistent | 86 |
| 3.1.5 | Adaptive Fahrlichtsteuerung | 88 |
| 3.1.6 | Nachtsichtassistenten | 89 |
| 3.1.7 | Rückfahr- und Umfeldkameras | 92 |
| 3.2 | Ultraschall-, Radar- und Lidarsysteme, Sensorfusion | 93 |
| 3.2.1 | Einparksysteme | 93 |
| 3.2.2 | Radarbasierte Systeme | 97 |
| 3.2.3 | Lidarsysteme | 99 |
| 4 | Bordnetz | 103 |
| 4.1 | Batterie | 103 |
| 4.1.1 | Kennzeichnung von Starterbatterien | 107 |
| 4.1.2 | Weitere Kennwerte einer Batterie | 108 |
| 4.1.3 | Alterungsprozesse von Blei-Säure-Batterien | 109 |
| 4.1.4 | Besonderheiten beim Batteriewechsel | 111 |
| 4.2 | Drehstromgenerator | 113 |
| 4.2.1 | Induktive Spannungserzeugung im Drehstromgenerator | 114 |
| 4.2.2 | Stromkreise des Drehstromgenerators | 116 |
| 4.2.3 | Generator-Regelung | 117 |
| 4.2.4 | Sonderbauformen von Drehstromgeneratoren | 119 |
| 4.3 | Nachrüstung einer Verbraucherbatterie | 120 |
| 4.4 | Die Anschlussklemme „W“ | 120 |
| 4.5 | Datenbussysteme | 121 |
| 4.5.1 | Netzwerktopologie | 122 |
| 4.5.2 | Adressierung | 124 |
| 4.5.3 | Steuerungsmechanismen | 127 |
| 4.5.4 | CAN-Bus | 128 |
| 4.5.5 | LIN-Bus | 131 |
| 4.5.6 | MOST-Bus | 132 |
| 4.5.7 | Flexray | 136 |
| 5 | Verbrennungsmotoren | 139 |
| 5.1 | Mehrventiltechnik | 139 |
| 5.2 | Nockenwellenverstellung – variable Steuerzeiten | 142 |
| 5.2.1 | Verstellbarer Kettenspanner VarioCam | 142 |
| 5.2.2 | Variable Nockenwellen Steuerung – VANOS | 143 |
| 5.2.3 | Flügelzellenversteller | 144 |
| 5.3 | Variabler Ventiltrieb | 145 |
| 5.3.1 | Stufenweise variabler Ventiltrieb | 145 |
| 5.3.2 | VTEC - Variable Valve Timing and Lift Electronic Control | 146 |
| 5.3.3 | VarioCam-Plus | 146 |
| 5.3.4 | Valvelift | 147 |
| 5.4 | Stufenlos variabler Ventiltrieb | 148 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.4.1 | Valvetronic | 148 |
| 5.4.2 | Elektrohydraulischer Ventiltrieb | 149 |
| 5.4.3 | Elektromagnetischer Ventiltrieb | 151 |
| 5.5 | Dynamische Aufladung | 152 |
| 5.5.1 | Schaltaugrohr | 152 |
| 5.5.2 | Stufenlos regelbare Sauganlage | 153 |
| 5.5.3 | Resonanzaugrohr | 154 |
| 5.5.4 | Resonanz- und Schwingaugrohrsystem | 154 |
| 5.6 | Fremdaufladung | 155 |
| 5.6.1 | Abgasturbolader | 156 |
| 5.6.2 | Schäden an Turboladern | 158 |
| 5.6.3 | Ladeluftkühlung | 159 |
| 5.6.4 | VTG-Lader | 161 |
| 5.6.5 | Twin-Scroll-Lader | 162 |
| 5.6.6 | Elektrischer Turbolader | 163 |
| 5.6.7 | Registeraufladung | 165 |
| 5.6.8 | Doppelaufladung | 166 |
| 5.6.9 | Drei- und Vierfachaufladung | 167 |
| 5.6.10 | Mechanische Lader | 168 |
| 5.6.11 | Kombination von Kompressor und Turbolader | 170 |
| 5.6.12 | Comprex-Lader | 171 |
| 5.6.13 | Turbocompound | 172 |
| 5.7 | Gemischaufladung im Ottomotor | 173 |
| 5.8 | Indirekte Einspritzung | 175 |
| 5.8.1 | Kontinuierliche Einspritzung (K-Jetronic) | 175 |
| 5.8.2 | K-Jetronic mit λ -Regelung | 184 |
| 5.8.3 | KE-Jetronic | 185 |
| 5.8.4 | Intermittierende Einspritzung (L-Jetronic) | 189 |
| 5.8.5 | Lasterfassung durch den Luftmengenmesser | 192 |
| 5.8.6 | Lasterfassung durch Messung der Luftmasse (LH-Jetronic) | 193 |
| 5.8.7 | Zentraleinspritzung - Mono-Jetronic | 198 |
| 5.9 | Benzin-Direkteinspritzung | 202 |
| 5.9.1 | Das Schichtladeverfahren | 203 |
| 5.9.2 | Homogenbetrieb | 204 |
| 5.9.3 | Kraftstoffförderpumpe | 205 |
| 5.9.4 | Druckregelung | 205 |
| 5.9.5 | Hochdruckpumpe | 207 |
| 5.9.6 | Magnetspuleninjektoren | 208 |
| 5.9.7 | Piezoinjektoren | 209 |
| 5.10 | Lambda-Regelung | 210 |
| 5.10.1 | Die Lamdbasonde als Spannungs-Sprung-Sonde | 212 |
| 5.10.2 | Die Lamdasonde als Widerstandssprungsonde | 213 |
| 5.10.3 | Die Spannungssprungsonde als Planarsonde | 215 |
| 5.10.4 | Die planare Breitband-Lamdbasonde | 215 |
| 5.11 | Gemischbildung im Dieselmotor | 218 |
| 5.11.1 | Vor- und Wirbelkammerverfahren | 220 |
| 5.11.2 | Vor- Haupt- und Nacheinspritzung | 222 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.12 | Common-Rail-Einspritzung | 223 |
| 5.12.1 | Elektrische Vorförderpumpe | 226 |
| 5.12.2 | Kraftstofffilter | 226 |
| 5.12.3 | Mechanische Vorförderpumpe | 227 |
| 5.12.4 | Hochdruckpumpe | 228 |
| 5.12.5 | Druckregelung | 229 |
| 5.12.6 | Injektoren | 232 |
| 5.12.7 | Injektor mit Magnetventil | 233 |
| 5.12.8 | Injektor mit Piezoventil | 235 |
| 5.12.9 | Injektor mit Druckverstärkung (X-Pulse) | 237 |
| 5.12.10 | Fehlerquellen | 237 |
| 5.13 | Ältere Einspritzsysteme | 241 |
| 5.13.1 | Reiheneinspritzpumpe | 241 |
| 5.13.2 | Elektronisch geregelte Hubschieber-Reiheneinspritzpumpe | 243 |
| 5.13.3 | Axialkolben-Verteilereinspritzpumpe (VE) | 243 |
| 5.13.4 | Radialkolben-Verteilereinspritzpumpe (VP 44) | 245 |
| 5.13.5 | Pumpe-Düse-System mit Magnetventil | 248 |
| 5.13.6 | Pumpe-Düse-System mit Piezoventil | 251 |
| 5.13.7 | Pumpe-Leitung-Düse | 253 |
| 5.14 | Klassische Einspritzventile | 255 |
| 5.14.1 | Ein- und Zweifederdüsenhalter | 255 |
| 5.14.2 | Loch- und Zapfendüsen | 256 |
| 6 | Zündsysteme | 259 |
| 6.1 | Kontaktgesteuerte Zündanlagen | 259 |
| 6.2 | Kontaktlos gesteuerte Zündungen | 261 |
| 6.2.1 | Fehlersuche an kontaktlos gesteuerten Zündanlagen | 264 |
| 6.3 | Elektronische Zündung | 266 |
| 6.4 | Vollelektronische Zündung | 269 |
| 7 | Abgasreinigung | 273 |
| 7.1 | Gesetzliche Regelungen | 273 |
| 7.1.1 | Flottenverbrauch und CO ₂ -Ausstoß | 274 |
| 7.1.2 | Testzyklen und Prüfverfahren | 275 |
| 7.2 | On-Board-Diagnose | 278 |
| 7.2.1 | Readiness Code | 282 |
| 7.3 | Systeme zur Schadstoffminderung | 284 |
| 7.3.1 | Abgasrückführung | 284 |
| 7.3.2 | Katalysatoren | 288 |
| 7.3.3 | Partikelfilter | 292 |
| 7.3.4 | Selektive katalytische Reduktion (SCR) | 296 |
| 7.3.5 | Dualeinspritzung | 298 |
| 7.3.6 | Einlasskanalabschaltung | 298 |
| 8 | Hybrid- und Elektroantriebe | 301 |
| 8.1 | Qualifikation | 301 |
| 8.2 | Arbeiten an Hochvoltssystemen | 303 |
| 8.3 | Arten von Hochvoltfahrzeugen | 305 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 8.4 | Aufbau des Hochvoltsystems | 309 |
| 8.4.1 | Die Akkumulatoren | 310 |
| 8.4.1.1 | Natrium-Nickelchlorid-Akkumulator (ZEBRA-Batterie) | 311 |
| 8.4.1.2 | Nickel-Metallhydrid-Akkus | 313 |
| 8.4.1.3 | Lithium-Ionen-Akkus | 314 |
| 8.4.1.4 | Bauformen von Akkus | 318 |
| 8.4.1.5 | Sicherheit | 319 |
| 8.4.2 | Batteriemanagement | 321 |
| 8.4.3 | Hauptrelais | 324 |
| 8.4.4 | Sicherheitslinie | 326 |
| 8.4.5 | Isolationswiderstand und Potentialausgleich | 327 |
| 8.4.6 | Ladegeräte | 328 |
| 8.5 | Laden von Hochvoltfahrzeugen | 329 |
| 8.5.1 | In-Cable-Control-Box | 329 |
| 8.5.2 | Wechselstromladen | 330 |
| 8.5.3 | Gleichstromladen | 330 |
| 8.5.4 | Anschlussstecker | 331 |
| 8.6 | Der DC/DC-Wandler | 333 |
| 8.7 | Der Inverter | 334 |
| 8.8 | Kondensatoren | 335 |
| 8.9 | Elektromotoren | 336 |
| 8.9.1 | Synchronmotoren | 337 |
| 8.9.2 | Asynchronmotoren | 339 |
| 8.9.3 | Synchron-Reluktanzmotor | 340 |
| 8.10 | Der Antrieb | 341 |
| 8.10.1 | Parallel-Vollhybrid mit Leistungsverzweigung | 343 |
| 8.10.2 | Elektrischer Allradantrieb | 345 |
| 8.10.3 | Serieller Hybridantrieb | 346 |
| 8.10.4 | Range Extender | 347 |
| 8.10.5 | Radnabenantrieb | 348 |
| 8.10.6 | Die Brennstoffzelle | 349 |
| 9 | Kupplungen und Getriebe | 353 |
| 9.1 | Zweimassenschwungräder (kurz. ZMS) | 353 |
| 9.1.1 | Einstufiges Zweimassenschwungrad | 354 |
| 9.2.2 | Zweistufiges Zweimassenschwungrad | 355 |
| 9.2.3 | Zweimassenschwungrad mit Fliehkraftpendel | 355 |
| 9.2 | Kupplungen | 358 |
| 9.2.1 | Einscheibenkupplung | 358 |
| 9.2.2 | Die Kupplungsscheibe | 359 |
| 9.2.3 | Membranfederkupplung | 361 |
| 9.2.4 | Schraubenfederkupplung | 361 |
| 9.2.5 | Selbsteinstellende Kupplung (SAC – Self-Adjusting-Clutch) | 361 |
| 9.3 | Kupplungsbetätigung | 362 |
| 9.3.1 | Mechanische Kupplungsbetätigung | 362 |
| 9.3.2 | Hydraulische Kupplungsbetätigung | 363 |
| 9.4 | Störungssuche | 364 |
| 9.5 | Automatisches Kupplungssystem (kurz. AKS) | 364 |
| 9.6 | Zweischeibenkupplung | 365 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 9.7 | Lamellenkupplung | 365 |
| 9.8 | Fliehkraftkupplung | 366 |
| 9.9 | Hydrodynamische Kupplung | 367 |
| 9.10 | Hydrodynamischer Drehmomentwandler | 367 |
| 9.10.1 | Wandlerüberbrückungskupplung | 368 |
| 9.11 | Getriebe | 370 |
| 9.11.1 | Handschaltgetriebe | 371 |
| 9.11.2 | Schaltvorgang | 372 |
| 9.12 | Doppelkupplungsgetriebe | 375 |
| 9.12.1 | Die Doppelkupplung | 378 |
| 9.12.2 | Parksperr | 380 |
| 9.12.3 | Zündschlüsselabzugssperre | 382 |
| 9.12.4 | Getriebeöl | 383 |
| 9.12.5 | Elektronische Steuerung | 384 |
| 9.13 | Elektrohydraulisch gesteuertes Planetengetriebe | 387 |
| 9.13.1 | Der einfache Planetensatz | 387 |
| 9.13.2 | Kombinierte Planetensätze | 390 |
| 9.13.3 | Schaltglieder | 395 |
| 9.13.4 | Ölversorgung | 398 |
| 9.13.5 | Getriebeadaptation | 402 |
| 9.14 | Stufenlose Automatikgetriebe (CVT – Continuously-Variable-Transmission) | 404 |
| 10 | Differenzialsperren | 407 |
| 10.1 | Schaltbare Ausgleichssperre | 407 |
| 10.2 | Elektronische Differenzialsperre | 408 |
| 10.3 | Selbstsperrendes Differential | 410 |
| 10.4 | Elektrisches Sperrdifferential | 411 |
| 10.5 | Aktives Sperrdifferential (Torque Vectoring) | 412 |
| 10.6 | Allradantrieb | 414 |
| 10.6.1 | Allradantrieb mit Viscokupplung | 415 |
| 10.6.2 | Haldex-Kupplung | 416 |
| 10.6.3 | Torsen-Differential | 417 |
| 10.6.4 | Kronenrad-Mittendifferential | 418 |
| 11 | Lenkgetriebe | 421 |
| 11.1 | Zahnstangenlenkung | 421 |
| 11.2 | Kugelumlauf lenkung | 422 |
| 11.3 | Hilfskraftlenkung | 424 |
| 11.3.1 | Hydraulische Hilfskraftlenkung | 424 |
| 11.3.2 | Elektrohydraulische Hilfskraftlenkung | 425 |
| 11.3.3 | Elektromechanische Hilfskraftlenkung | 426 |
| 11.4 | Sensoren | 427 |
| 11.4.1 | Lenkwinkelsensor | 427 |
| 11.4.2 | Lenkmomentsensor | 427 |
| 11.5 | Aktoren | 428 |
| 11.5.1 | Ritzel-Antrieb | 428 |
| 11.5.2 | Säulen-Antrieb | 429 |
| 11.5.3 | Zahnstangen-Antrieb mit Zahnriemen | 430 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 11.6 | Aktive Geradeausfahrt | 431 |
| 11.7 | Variable Lenkübersetzung | 432 |
| 11.8 | Aktivlenkung (BMW) | 432 |
| 11.9 | Fremdkraftlenkung - Steer-By-Wire | 433 |
| 11.10 | Allradlenkung | 434 |
| 12 | Fahrdynamische Regel- und Steuersysteme | 439 |
| 12.1 | Anti-Blockier-System (ABS) | 441 |
| 12.1.2 | Geschlossenes System mit 3/3-Wegeventilen | 443 |
| 12.1.2 | Offenes System mit 2/2-Wegeventilen | 445 |
| 12.1.3 | Geschlossenes System mit 2/2-Wegeventilen | 446 |
| 12.2 | Antriebsschlupf-Regelungen | 448 |
| 12.2.1 | Antriebsschlupf-Regelung mit 3/3-Wegeventilen | 449 |
| 12.2.2 | Antriebsschlupf-Regelung mit 2/2-Wegeventilen | 453 |
| 12.3 | Fahrstabilitätsregelung | 454 |
| 12.3.1 | Fahrstabilitätsregelung mit erweitertem Funktionsumfang | 460 |
| 13 | Heiz- und Klimaregelung | 461 |
| 13.1 | Funktionsprinzip einer herkömmlichen Klimaanlage | 462 |
| 13.2 | Bauteile der Klimaanlage | 464 |
| 13.2.1 | Magnetkupplung | 464 |
| 13.2.2 | Kompressoren | 464 |
| 13.2.3 | Trockner | 466 |
| 13.2.4 | Expansionsventil | 467 |
| 13.3 | Eingangssignale | 468 |
| 13.4 | Ausgangssignale und Wirkungsweise | 470 |
| 13.5 | Klimatisierung von Hochvoltfahrzeugen | 471 |
| 13.5.1 | Hochvolt-Klimakompressor | 472 |
| 13.5.2 | Der Kältemittelkreislauf | 473 |
| 13.5.3 | Heizen mit Wärmepumpe | 474 |
| 14 | Passive Sicherheitssysteme | 479 |
| 14.1 | Fahrer- und Beifahrer-Airbag | 480 |
| 14.1.1 | Systemüberwachung und Sicherheitsvorschriften | 488 |
| 14.2 | Seitenairbags | 490 |
| 14.3 | Kopfairbag/Windowbag | 492 |
| 14.4 | Gurtschlossstraffer | 494 |
| 14.5 | Gurtstraffer mit elektronischer Auslösung durch das Airbag-Steuergerät | 495 |
| 14.6 | Reversibler Gurtstraffer | 496 |
| 14.7 | Aktive Motorhaube – Motorhaubenaufsteller | 497 |
| 14.8 | Pyrotechnischer Batterietrennschalter | 499 |
| 15 | Lexikon und Tabellen | 501 |
| 15.1 | Lexikon | 501 |
| 15.2 | Abkürzungen in der Kfz-Technik | 526 |
| 15.3 | Amtliche Kennzeichen | 529 |
| 15.4 | Gesetzlich Prüffristen von amtlichen Untersuchungen an Kraftfahrzeugen | 531 |
| 15.5 | Bedeutung der Felder in der Zulassungsbescheinigung Teil I | 533 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 15.6 | Emissionsschlüsselnummern für Pkw und Nfz zur Einstufung in die Schadstoffgruppe | 534 |
| 15.7 | EG-Fahrzeugklassen | 535 |
| 15.8 | Reifenkennzeichnungen und -abmessungen | 536 |
| 15.8.1 | Reifenabmessungen | 536 |
| 15.8.2 | Last- und Geschwindigkeitsindex | 539 |
| 15.9 | Lichttechnische Einrichtungen | 541 |
| 15.9.1 | Lampen | 547 |
| 15.10 | Klemmenbezeichnungen nach DIN 72552 | 550 |
| 15.11 | Schaltzeichen | 554 |
| 15.12 | Kontaktbelegung bei Anhängersteckdosen | 561 |
| 15.13 | Formelsammlung | 562 |

1 Diagnose

Eine der Hauptaufgaben eines Servicetechnikers ist die Diagnose, insbesondere die Suche nach Fehler in den immer stärker vernetzten Fahrzeugsystemen. In vielen Betrieben beginnen sie allerdings mit der Fehlersuche erst dann, wenn das Auto bereits in der Werkstatt steht. Dabei ist in den meisten Fällen eine umfassende Fahrzeugannahme entscheidend für Erfolg oder Misserfolg. Sicherlich gibt es viele Fehler, die sich mithilfe des Diagnosegerätes eindeutig identifizieren und beheben lassen – für diese ist das Wissen eines Servicetechnikers aber auch nicht erforderlich. Der Servicetechniker wird meist dann benötigt, wenn das Diagnosegerät seine Leistungsgrenze erreicht hat und keinen konkreten Vorschlag macht, welche Reparatur Abhilfe schafft. In solchen Fällen kann eine schnelle und damit wirtschaftliche Diagnose folgendermaßen aussehen:

1. Fahrzeugannahme

Das Fahrzeug sollte im Beisein des Kunden einer Sicht- und Funktionsprüfung unterzogen werden. Im Rahmen dieser sogenannten Dialogannahme sollte der Mitarbeiter den Kunden zu dem Fehler befragen. Gerade bei sporadischen (also wiederkehrenden, aber nicht permanent vorhanden) Fehlern ist es elementar zu hinterfragen, unter welchen Umständen und bei welchen Bedingungen der Fehler aufgetreten ist, um ihn ggf. reproduzieren und sichtbar machen zu können. In diesem Zusammenhang sind folgende Aspekte von Bedeutung:

- Betriebszustand und Fahrsituation (Motor kalt/warm; Last; Drehzahl; Fahrgeschwindigkeit; Beschleunigen/Verzögern; Rechts-/Linkskurve usw.)
- Die Einsatzbedingungen des Fahrzeuges (Hohe/Geringe Außentemperatur; Witterung z.B. Nässe, Regen)
- Schaltzustände von Teilsystemen (Licht an/aus; Klimaanlage, Sitzheizung etc. an/aus)
- Sonstige Besonderheiten (Anhängerbetrieb; Zubehör im Innenraum => Elektromagnetische Störungen/Störung des Bordnetzes durch angeschlossene Geräte (Drittanbieter; „OBD-Adapter“))
- Technische Änderungen (Motoreingriffe; Umbereifung; Fahrwerksänderungen)
- Kürzlich von einer anderen Werkstatt oder einem Bekannten durchgeführte Reparaturen

Im Zusammenhang mit der Fahrzeugannahme sollte man zudem darauf achten, den korrekten Fahrzeugschlüssel vom Kunden zu übernehmen. Bei vielen Fahrzeugen erfolgt bereits seit Mitte der 90er Jahre eine Anpassung des Fahrzeuges an den jeweiligen Fahrer (sog. Benutzer-Adaption). Hiervon sind einerseits offensichtliche Dinge, wie z.B. die Sitz- und Spiegeleinstellung, Radiosender und -lautstärke etc betroffen, es ändern sich andererseits jedoch auch Einstellungen, die dem Kunden nicht bewusst sind. Dies können sein:

- Aktivierung/Deaktivierung von Assistenzsystemen (Fahrlichtsteuerung, Regen-/Lichtsensoren, Einparkassistenten, Spurhalteassistent...)
- Tippblinken
- Automatisches Verriegeln während der Fahrt, automatisches Wiederverschließen
- Ansprechverhalten des Fahrpedals
- Schaltzeitpunkt des automatischen Getriebes
- ...



Hinweis: Einige Hersteller empfehlen Einzelfahrern in regelmäßigen Zeitabständen den Schlüssel zu tauschen (Zweitschlüssel), da die Akkus der Fernbedienung durch eine Ladenspule am Zündschloss geladen werden. Nach dem Schlüsseltausch kommt es dann oftmals zu Beanstandungen aufgrund geänderter Einstellungen.

Werkstatttipp

Es empfiehlt sich, im Rahmen der Dialogannahme einen kurzen Rundum-Check des Fahrzeuges durchzuführen um weitere (sicherheitsrelevante) Mängel aufdecken und im Rahmen des Werkstattaufenthaltes beheben zu können. In diesem Zusammenhang können auch Vorschäden dokumentiert und dem Kunden gezeigt werden um etwaigen Ansprüchen nach Rückgabe des Fahrzeuges entgegenzuwirken. Ein Foto von allen Seiten hilft im Streitfall bei der Klärung.

Bild 1.1

Die Dialogannahme sollte, wenn möglich, immer mit einem ausführlichen Kundengespräch und einem Rundum-Check erfolgen.

[Foto: ProMotor/Volz]



2. Fehlerspeicher auslesen

Das Auslesen von Fehlerspeichern gehört zu den Standarttätigkeiten in der Werkstatt. Trotzdem machen Werkstattmitarbeiter gerade hier immer noch viele Fehler:

Fehler 1: Mehrere Kundenbeanstandungen losgelöst voneinander betrachten

Viele Werkstätten arbeiten Fehler „nach und nach“ ab. In einigen Fällen wechselt das Fahrzeug hierfür sogar die Abteilung: Der Fehler am Verbrennungsmotor wird in der Mechanik, der an der Klimaanlage in der Elektrik bearbeitet. Was aber, wenn die Klimaanlage nur abgeschaltet hat, weil der Motor zu heiß geworden ist? Im ersten Schritt sollte daher bei der Bewertung der Fehler eine gemeinsame Ursache in Betracht gezogen und erst, wenn diese auszuschließen ist jeder Fehler für sich betrachtet werden.

Fehler 2: Nur das vermeintlich betroffene Steuergerät auslesen

Aus Gründen der erhofften Zeitersparnis liest der Mitarbeiter oftmals nur das Steuergerät aus, in dem er den Fehler vermutet. Die meisten Fahrzeuge sind aktuell jedoch vollständig vernetzt, sodass ein fehlerhaftes Signal, das von einem beliebigen Steuergerät auf den Datenbus gelegt wird, zu einer Fehlfunktion in einem anderen

System führen kann. Es empfiehlt sich daher grundsätzlich den gesamten Fehlerspeicher des Fahrzeugs auszulesen und bei mehreren Fehlern (s. Fehler 1) zunächst eine gemeinsame Ursache zu suchen.

Fehler 3: „Erstmal löschen“

Die einfachste Lösung scheint vielen Werkstätten zu sein, vorhandene Fehler erstmal zu löschen und zu schauen, was passiert. Sicherlich sind in vielen Steuergeräten Fehler abgelegt, die entweder bei einer früheren Reparatur nicht entfernt wurden, oder die mit der aktuellen Beanstandung nicht zusammenhängen. Die meisten abgelegten Fehler haben jedoch eine konkrete Ursache, der auch nachgegangen werden sollte um Folgeproblemen (Folgeschäden, Verschlechterung des Abgasverhaltens etc.) entgegen zu wirken. Vor dem Löschen eines Fehlerspeichers sollte dieser grundsätzlich dokumentiert (z.B. ausgedruckt oder abgespeichert) werden, um zu einem späteren Zeitpunkt auf die vormals abgelegten Fehler zurückgreifen zu können.

Fehler 4: Nur den Fehlercode betrachten

Ist im Fehlerspeicher ein Fehler abgelegt, geht die Ursachenforschung los. Hilfreich kann es hierbei sein – vor allem bei sporadischen Fehlern – zunächst die sogenannten Fehlerumgebungsdaten zu sichten und zu bewerten. Diese geben Auskunft darüber, wann, wie oft und bei welchem Ereignis der Fehler aufgetreten ist. In einigen Fällen lässt sich ein Schema erkennen, welches, ggf. im Kundengespräch zur Fehlerursache führt.

Praxisbeispiel: Ein Kunde beanstandet, dass die ABS-Kontrollleuchte sporadisch aufleuchtet. Der Fehlerspeicher beinhaltet sporadische Fehler des ABS-Drehzahlfühlers vorne rechts. Die Fehlerumgebungsdaten zeigen an, dass der Fehler täglich um etwa 7:30 Uhr und um etwa 17:15 Uhr auftritt. Die Befragung des Kunden ergibt dass er sich zu diesen Zeiten an etwa der gleichen Stelle auf seiner Pendelstrecke befindet. Die Tatsache, dass sich diese Stelle in unmittelbarer Nähe zu einer Radio-Sendestation (starke elektromagnetische Strahlung) befindet, lässt auf einen Schirmungsfehler schließen, der durch eine Beschädigung des Kabels entstanden ist.

Fehler 5: Klassische Fehler und Plausibilitätsfehler gleichsetzen

Es gibt zwei Arten von Fehlern, die klar voneinander zu unterscheiden sind und die auch eine jeweils andere Fehlersuche nach sich ziehen: „Klassische Fehler“ und „Plausibilitätsfehler“. Klassische Fehler sind solche, bei denen das Steuergerät ein Problem des jeweiligen Bauteils messtechnisch ermittelt und den Fehler (z.B. „Signalspannung zu hoch“) als solchen im Steuergerät hinterlegt hat. Beim Auftreten solcher Fehler kann man sofort mit der Fehlersuche im Rahmen von Messungen im Bereich des jeweiligen Bauteils beginnen.

Plausibilitätsfehler legt das Steuergerät dagegen im Fehlerspeicher ab, wenn die ankommenden Informationen unplausibel sind, also nicht zueinander passen oder Sprünge enthalten, die ohne weitere Informationen nicht zu erklären sind. Beim Auftreten von Plausibilitätsfehlern sollte man vor der weiteren Diagnose oder gar einem Austausch von Bauteilen klären, welche unpassenden Informationen zu dem Fehler geführt haben.

Praxisbeispiel 1: Fehler: Heißfilmluftmassenmesser (Diesel) „Signal unplausibel“

Der Heißfilmluftmassenmesser hat beim Diesel (s. Kapitel 2.X) hauptsächlich die Aufgabe die Vollastmenge zu begrenzen und die Abgasrückführrate zu ermitteln. Letzteres geschieht, indem das Steuergerät die Soll-Luftmasse im aktuellen Betriebszustand aus Hubraum, Drehzahl, Ladedruck usw. ermittelt, und die vom Luftmassenmesser ermittelte Ist-Luftmasse hiervon abzieht. Bei einer AGR-Rate von

10% sollte die vom Luftmassenmesser ermittelte Luftmasse also 10% geringer sein, als die theoretisch unter den aktuellen Bedingungen angesaugte Luftmasse. Wäre nun beispielsweise die Abgasrückführung verrußt, so reduziert sich die rückgeführte Abgasmenge bei gleicher Stellung des AGR-Ventil. Der Rückgang der vom Heißfilmluftmassenmesser ermittelten Luftmasse läge dann unter 10% und das Steuergerät meldet, dass das „Signal unplausibel“ ist.

Praxisbeispiel 2: Fehler: Heißfilmluftmassenmesser (Diesel) „Signal unplausibel“
Der gleiche Fehler des Heißfilmluftmassenmessers kann auftreten, wenn der Luftfilter erneuert wird, ohne dies dem Steuergerät durch das Bestätigen der jeweiligen Wartung mitzuteilen. Das Steuergerät erkennt nach dem Motorstart, dass sich die Luftmasse unter sonst gleichen Bedingungen gegenüber dem letzten Fahrzyklus deutlich erhöht hat. Da es keine Informationen über einen Luftfilterwechsel erhalten hat, ist dieser „Sprung“ der Luftmasse unplausibel. Der Fehler wird im Fehlerspeicher abgelegt.

3. Parameter/Messwerte auslesen

Auch, wenn die Eigendiagnose in den vergangenen Jahren kontinuierlich besser geworden ist, ist sie noch immer nicht in der Lage, alle Fehler eines Systems selbst zu erkennen. Sollte der Blick in den Fehlerspeicher daher ergebnislos bleiben, empfiehlt sich ein Blick in die Messwerte/Istwerte/Parameter. Hier lässt sich prüfen, ob die vom Steuergerät mithilfe der Sensorik erfassten Daten der Realität entsprechen.

Praxisbeispiel: Ist es am Motortemperaturfühler zu einem Übergangswiderstand gekommen (z.B. durch Korrosion am Steckkontakt), so steigt der ohm'sche Widerstand der Messschaltung. Den erhöhten Widerstand nimmt das Steuergerät als geringere Temperatur auf. Motortemperaturfühler sind in der Regel NTC-Widerstände => Negativer Temperatur Koeffizient => Fallender Widerstand bei steigender Temperatur. Solange die ermittelten Werte innerhalb des plausiblen Bereiches bleiben (z.B. > -40°C) wertet das Steuergerät die Information aus. Der Fehler wird nicht erkannt, zeigt jedoch seine Auswirkungen (z.B. steigender Kraftstoffverbrauch, Fehler in AGR-System oder Vorglühanlage ...). Beim Blick in die Messwerte fällt jedoch schnell auf, dass eine Motortemperatur von -20°C an einem warmen Sommertag nicht stimmen kann. Oftmals reicht bei der Überprüfung der Messwerte das subjektive Empfinden zur Plausibilitätsprüfung aus. Im Zweifel sollten die Werte mithilfe eines separaten Messgerätes (z.B. Kontakt- oder Infrarot-Thermometer) ermittelt und abgeglichen werden.

Werkstatttipp

Zur Überprüfung der Parameter sollten niemals die Bordmittel (z.B. Kühlmitteltemperaturanzeige im Kombiinstrument) genutzt werden, da diese zum einen stark beruhigt sind um im Fahrbetrieb nicht ständig zu schwanken (z.B. Änderung Tankfüllstand bei Fahrt Bergauf bzw. -ab) und zum anderen im Interesse vereinfachter Interpretation verfälscht sind. Auch wenn die Motortemperatur bei vielen aktuellen Motoren über 100°C liegt, wird diese oftmals im Kombiinstrument mit 90°C angezeigt, um den Fahrzeugführer nicht zu verunsichern.

Auch die Konfiguration des Fahrzeugs kann an dieser Stelle ermittelt werden. Gerade bei der Übernahme eines neuen (gebrauchten) Fahrzeugs kommt es immer wieder vor, dass Kunden Ausfälle von Funktionen oder Systemen beanstanden, die in der jeweiligen Ausstattung gar nicht verfügbar sind.

4. Stellgliedtest

Bei Fehlern im Bereich der Aktorik kann die Diagnose mithilfe eines Stellgliedtests fortgesetzt werden. Hierbei wird das jeweilige Bauteil mithilfe des Diagnosegerätes angesteuert und optisch, akustisch, haptisch oder anhand von Messwerten (z.B. Signalspannung Potentiometer) überprüft, ob es reagiert. Ein hierbei häufig gemachter Fehler ist, nicht zu überprüfen, ob das gewünschte Ergebnis tatsächlich erzielt wird. Praxisbeispiel: Soll überprüft werden, ob die Bypassklappe des Verdichters korrekt arbeitet, ist es erforderlich, das Verdichtergehäuse zu öffnen (oder mit dem Endoskop hinein zu sehen) um zu überprüfen, ob sich die Bypassklappe des Verdichters bei Ansteuerung tatsächlich bewegt. Vielfach wird nur überprüft, ob der Stellmotor die Welle bewegt. Hat sich die (oftmals nur auf die Welle geklemmte) Klappe von der Welle gelöst, bleibt diese auch bei drehender Welle stehen.

Werkstatttipp

Der Stellgliedtest sollte stets über das Diagnosegerät durchgeführt werden. Eine Überprüfung durch „provozieren“ einer Ansteuerung ist nicht aussagekräftig, da oftmals nicht alle Bedingungen für das Ansteuern des jeweiligen Aktors bekannt sind.

Praxisbeispiel: Soll überprüft werden, ob das AGR-Ventil öffnet und schließt könnte man gemäß „Lehrbuch“ den Motor bei Betriebstemperatur in Teillast betreiben und davon ausgehen, dass das Ventil öffnen müsste. In der Praxis wird man jedoch feststellen, dass die Bedingungen von Fahrzeug zu Fahrzeug unterschiedlich sind. Selbst der Vergleich mit einem anderen Fahrzeug (gleiches Modell, gleicher Motor, gleiches Baujahr) scheitert, wenn sich beispielsweise die Software-Stände der jeweiligen Steuergeräte unterscheiden.

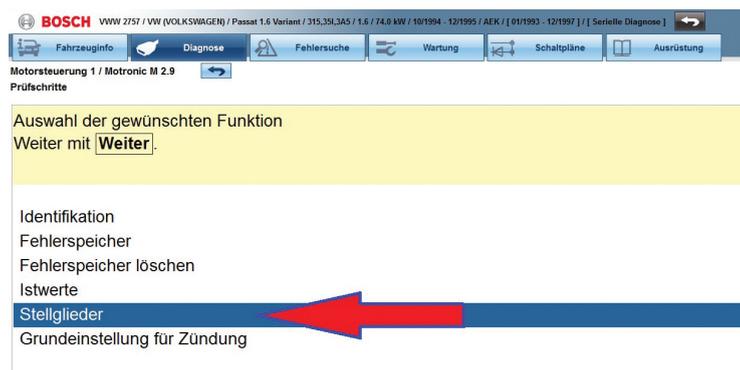


Bild 1.2

Der Stellgliedtest sollte immer über ein Diagnosegerät durchgeführt werden.

5. Messungen mit Multimeter und Oszilloskop

Sind alle vorherigen Diagnoseschritte gewissenhaft durchgeführt worden, sollte es Hinweise auf fehlerhafte Sensoren, Aktoren oder Systeme geben. Abschließend ist die Ursache des Fehlers zu ermitteln. Dies geschieht durch manuelle Messungen im jeweiligen System. Nachfolgend soll dies beschrieben werden für

- Sensoren
- Aktoren

Die Größen Spannung, Strom und Widerstand müssen im Rahmen einer Fehlersuche mit Hilfe der Prüfanleitung des Herstellers gemessen werden. Als Messgerät dient dazu üblicherweise ein Multimeter oder Vielfach-Messgerät. Diese Geräte erlauben es, durch Umschalten der Messbereiche Strom-, Spannungs- und Widerstandswerte zu ermitteln.

1.1 Multimeterarten

Digital bedeutet: ziffernmäßig, stufenweise, sprungweise. Bei einem Digital-Multimeter wird der Messwert sofort als Zahlenwert dargestellt. Die Anzeige erfolgt stets in Stufen, da die letzte Zahl immer nur um eine Ziffer springen kann.

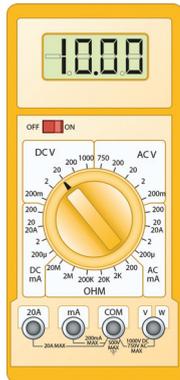


Bild 1.3 Digitalmultimeter stellen den Messwert sofort als Zahl dar.

[Bild: AS-IIIu]

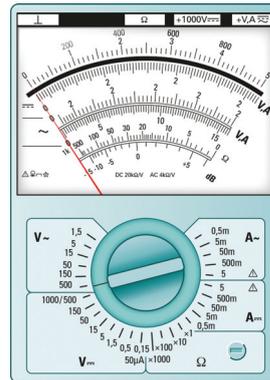


Bild 1.4 Analogmultimeter stellen den Messwert stufenlos per Zeiger dar

[Bild: AS-IIIu]

Analog bedeutet: gleichartig, stetig, stufenlos. Bei einem Analog-Multimeter wird der Messwert durch den Ausschlag des Zeigers dargestellt. Die Anzeige erfolgt dabei stufenlos, das heißt ohne Unterbrechung. Bei Messungen im Zusammenhang mit der Lambda-Regelung moderner Kraftfahrzeuge sind analoge Messgeräte besser geeignet, da man Spannungsschwankungen besser erkennen kann. Aufgrund der leichten Ablesbarkeit werden für die meisten Messungen am Kraftfahrzeug digitale Multimeter verwendet. In letzter Zeit haben sich kombinierte Digital-Analog-Geräte durchgesetzt, die neben dem digitalen Zahlenwert auch die Tendenz bzw. die Änderungsrichtung in Balkenform anzeigen. Man spricht dann von einer „Quasi-Analoganzeige“.

ACHTUNG! Es ist ratsam nur Messungen durchzuführen, die in den Prüfanleitungen der Hersteller ausdrücklich angegeben sind. Unsachgemäße Messungen können elektronische Bauteile zerstören und Menschenleben gefährden.



Allgemeine Regeln für den Umgang mit dem Multimeter

1. Für jede Messung das geeignete Messgerät verwenden. An den auf der Skala angebrachten Bezeichnungen und Sinnbildern erkennt man, für welche Messungen das Gerät vorgesehen ist. So kann man z.B. mit dem Digital-Multimeter (i.d.R. max 10A) keine Anlasserströme (max 1000 A) messen.
2. Vermeiden Sie harte Stöße und Erschütterungen.
3. Vor dem Anschluss des Messgeräts den Messbereichsschalter auf die gewünschte Messart (Spannung, Strom oder Widerstand) einstellen.
4. Werden unbekannte Werte ermittelt, immer zuerst den höchsten Messbereich einstellen, messen und bei Bedarf auf einen niederen Messbereich zurückschalten.
5. Messen Sie immer im kleinstmöglichen Messbereich, in dem das Messergebnis noch ablesbar ist. Dies erhöht die Genauigkeit des Messergebnisses.

6. Verwenden Sie für jede Messung die hierfür geeigneten Buchsen am Multimeter, z.B. Spannung/Widerstand, geringer Strom, hoher Strom. Bei Strommessungen sollte man in der Buchse für hohe Ströme anfangen und erst, wenn sichergestellt ist, dass die Buchse für den geringen Strom nicht überlastet wird, wechseln. Der Minuspol kommt immer an die Buchse COM.
7. Die Prüfkabel immer zuerst am Messgerät und dann erst am Messobjekt anschließen.
8. Beachten Sie beim Messen von Gleichspannungen und Gleichströmen immer die richtige Polarität.
9. Beachten Sie bei Analog-Messgeräten die richtige Gebrauchslage, i.d.R. liegend.
10. Bei Widerstandsmessungen darf das Bauteil nicht unter Spannung stehen. Es sollte, wenn möglich, komplett aus dem Stromkreis getrennt werden.
11. Vor dem Ablegen des Messgeräts den Messbereichsschalter in den höchsten Wechselspannungsbereich schalten. Dies schützt Gerät und Anwender bei unsachgemäßem Einsatz ohne vorherige Einstellungen.

Toleranzangaben bei Multimetern

Analoge Multimeter

Bei analogen Multimetern wird der Messfehler prozentual angegeben. Dieser Wert (z.B. $\pm 1,5\%$) bezieht sich auf den Endausschlag des jeweiligen Messbereichs.

Beispiel Angenommen, das Messgerät steht im Messbereich 15 V, so beträgt der Messfehler $\pm 1,5\%$ von 15 V = $\pm 0,225$ V unabhängig von der tatsächlich gemessenen Spannung. Bei Analog-Multimetern sollte daher der Messbereich so gewählt werden, dass sich die Anzeige im letzten Drittel der Skala befindet.

Digitale Multimeter

Bei digitalen Multimetern gibt es zwei Toleranzangaben. Ein typisches Beispiel ist die Angabe $0,25\% \pm 1$ Digit. Hier ist die prozentuale Angabe ($\pm 0,25\%$) nicht auf den Endbereich, sondern auf den tatsächlich angezeigten Messwert bezogen. Zum prozentualen Fehler kommt noch der sogenannte Digitfehler hinzu. Er bezeichnet die zusätzliche Abweichung in Digits, die die letzte Stelle des angezeigten Wertes nach oben oder unten einnehmen darf.

Beispiel: Bei einem eingeschalteten Bereich von 20 V und einer Anzeige von 12 V darf die zulässige Abweichung in unserem Beispiel ± 30 mV ($0,25\%$ von 12 V) betragen. Bei einem 3 1/2 -stelligen Multimeter bedeutet dies eine Anzeige zwischen 11,97 V und 12,03 V. Rechnet man den Digitfehler in unserem Beispiel ± 1 Digit dazu, ergibt sich eine mögliche Anzeige zwischen 11,96 V und 12,04 V. Der prozentuale Gesamtfehler beträgt dann für diesen Messwert $\pm 0,33\%$. Misst man im selben Bereich eine Spannung von 1 V, kann der prozentuale Fehler von $0,25\%$ vernachlässigt werden, da er nur $\pm 2,5$ mV beträgt und in der Anzeige nicht mehr erscheint. Dagegen wiegt hier der Digitfehler schwerer, da dadurch eine Anzeige zwischen 1,01 V und 0,99 V möglich ist. Dies entspricht einer Abweichung von 1%.

Auch bei Digital-Multimetern soll der Anzeigebereich so gewählt werden, dass die Anzeige möglichst im letzten Teil des Messbereichs erfolgt.

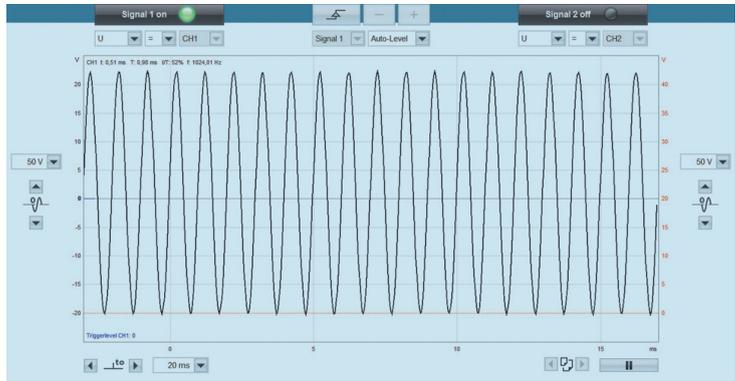
Werkstattoszilloskop

Das Multimeter gerät bei aktuellen Fahrzeugen vielfach an seine Grenzen. So kann es weder frequente Spannungen, wie die eines Drehzahlsensors oder einer pulsweitenmodulierten Ansteuerung erfassen noch (bis auf wenige Ausnahmen) Spannungsverläufe darstellen, z.B. die Signalspannung des Potentiometers. Das Oszilloskop kann das Multimeter ersetzen, das Multimeter das Oszilloskop dagegen nicht. Aus diesem Grund bieten die meisten Anbieter von Diagnosegeräten – herstellereigen oder frei – in Ihren Geräten Oszilloskope an.

1.2 Analoge und digitale Signaldarstellung

Bild 1.5

Das Oszilloskop entwickelt sich zu einem immer wichtigeren Messgerät für die Fehlersuche.
[Bild: AS-Illu]



Bei einem Analogoskop wird das Bild kontinuierlich auf dem Bildschirm geschrieben. Damit fallen die extrem kurzfristigen Pausen zum Abtasten und Abbilden des Messsignals weg.

Ein Digitalskop tastet das Messsignal zu bestimmten Zeiten ab und stellt es dann auf dem Bildschirm dar. Dieser auf den ersten Blick als Nachteil erscheinende Umstand wird dadurch wieder wettgemacht, dass einmal abgetastete Bilder gespeichert und sogar ausgedruckt werden können. Somit lassen sich Fehler darstellen, die auf dem Analogoskop nicht erkannt werden, weil sie nur zeitweise auftreten oder zu kurz sind.

DC-/AC-Kopplung

Eine unterschiedliche Darstellung des Messsignals ist möglich, wenn statt des gleichspannungsgekoppelten Messeingangs (DC) das Oszilloskop über einen wechspannungsgekoppelten Eingang (AC) gemessen wird. Bei der AC-Ankopplung wird der Gleichspannungsanteil herausgefiltert, um nur den (interessanten) Wechselspannungsanteil, z.B. die Oberwelligkeit der Ladespannung, über der gesamten Bildschirmhöhe zu betrachten. Leider führt diese Ankopplung dazu, dass reine Gleichspannungssignale verzerrt dargestellt werden.

Die DC-Ankopplung stellt den Wechsel- und Gleichspannungsanteil eines Signals dar.

Vorteil: Exakte Signaldarstellung

Nachteil: Schlechte Auflösung eines überlagerten Wechselspannungsanteils

Die AC-Ankopplung filtert den Gleichspannungsanteil heraus.

Vorteil: Hohe Auflösung des Wechselspannungsanteils

Nachteil: Falsche Darstellung von Rechtecksignalen

Y-Achse

Zur Bezeichnung der senkrechten Y-Achse werden oft die Begriffe „vertikale Achse“ oder „Spannungsachse“ verwendet. Auf dieser Achse wird die Größe der Spannungsskala festgelegt. Die richtige Auswahl der Spannungsskala (Bild 1.6) entscheidet darüber, in welcher Größe das Messsignal auf dem Bildschirm erscheint. Der Spannungsmessbereich muss so gewählt werden, dass ein Größtmögliches des Signals auf dem Bildschirm erscheint.

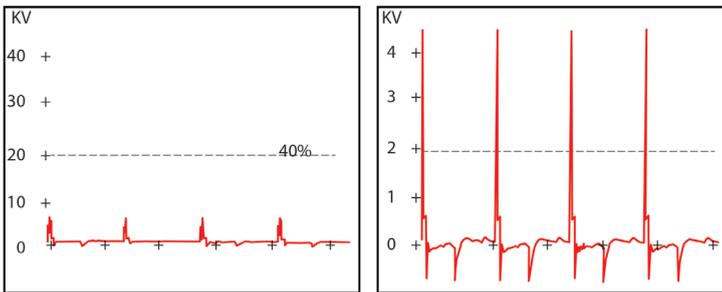


Bild 1.6

Auf dem linken Bild ist der Spannungsmessbereich zu groß gewählt worden, daher erscheint das Signal zu klein auf dem Bildschirm. Auf dem rechten Bild ist der Spannungsmessbereich dagegen richtig gewählt, das Signal erscheint in maximaler Größe auf dem Bildschirm.
[Quelle: AS-IIIu]

X-Achse

a) Zeitabhängige Darstellung

Zur Bezeichnung der waagerechten X-Achse werden oft die Begriffe „waagerechte Achse“, „Zeitachse“ oder „Zeitbasis“ verwendet. Auf dieser Achse wird die Größe der Zeitskala festgelegt. Die richtige Auswahl der Zeitachse entscheidet darüber, in welcher Breite das Messsignal abgebildet wird (Bilder 1.7 a bis c). Die Zeitbasis muss so gewählt werden, dass die gesamte Information des Signals sichtbar ist.

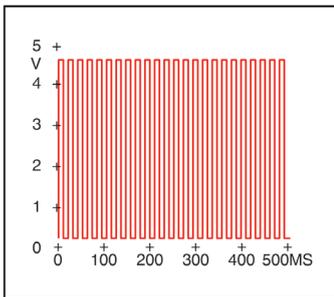


Bild 1.7a

Die Zeitbasis ist zu groß gewählt, deshalb ist eine genaue Betrachtung des Signals nicht möglich.

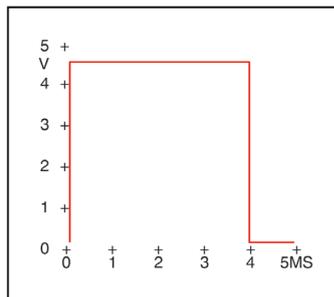


Bild 1.7b

Die Zeitbasis ist zu klein gewählt, deshalb könnten wichtige Details des Messsignals verloren gehen.

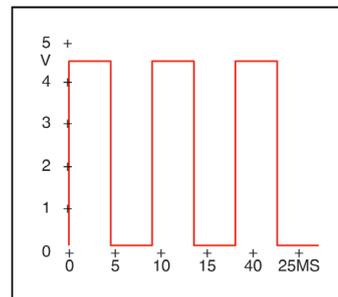


Bild 1.7c

Die Zeitbasis ist richtig gewählt, deshalb erscheint das Signal praxisgerecht auf dem Bildschirm.
[Quelle: AS-IIIu]

b) 100%-Darstellung

Bei vielen Anwendungen, z.B. beim Messen des Tastverhältnisses, ist es die einfachste Lösung, mit der 100%-Skala zu arbeiten. Dabei wird immer eine Periode des Messsignals komplett dargestellt (Bild 10.10).

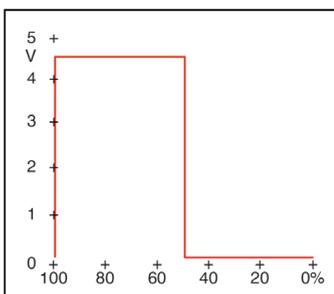


Bild 1.8

Darstellung 100 %: Bei dieser Darstellung wird immer eine Periode komplett auf dem Bildschirm dargestellt.
[Quelle: AS-IIIu]



Hinweis: Bei älteren Testern ist die Anzahl der dargestellten Perioden von der eingestellten Zylinderzahl abhängig. Will man nur eine Periode darstellen, muss die Darstellung 1-Zylinder gewählt werden.

Trigger

Triggerpegel

Der Triggerpegel bestimmt die Spannungsschwelle, ab der das Bild auf dem Bildschirm aufgezeichnet wird. Dadurch ist es möglich, ein für das Auge des Beobachters stehendes Bild zu erhalten. Liegt die Größe des Messsignals immer unter oder über dem Spannungswert für den Triggerpegel, ist es nicht möglich, ein stehendes Bild zu erhalten.

Bei modernen Testern ist der Triggerpegel frei wählbar. Bei einigen (älteren) Testern ist der Triggerpegel auf 40% der eingestellten Spannungsskala festgelegt (z.B. SUN MEA 1500), bzw. das Signal kann nur über den Impuls von der Klemme 1 getriggert werden (z.B. Bosch MOT 201, MOT 400). Dadurch kann es schwierig werden, Signale, die nicht proportional zur Motordrehzahl sind, als stehende Bilder darzustellen.

Triggerflanke

Zum Triggern des Signals kann entweder die ansteigende (positive, +) oder die abfallende (negative, -) Flanke des Messsignals benutzt werden. Die richtige Wahl der Triggerflanke bestimmt den Beginn des Messsignals auf dem Bildschirm. Diese Auswahl ist nützlich, wenn man mit der 100%-Skala arbeitet, denn dann liegt der Nullpunkt auf der rechten Bildschirmseite. Man möchte das Bild mit dem Low-Level beginnend rechtsbündig auf dem Bildschirm haben, um z.B. das Tastverhältnis abzulesen zu können.

Bei der 100%-Darstellung triggert man auf die positive Flanke, bei der zeitabhängigen Darstellung triggert man dagegen auf die negative Flanke.

Darstellung typischer Sensorsignale

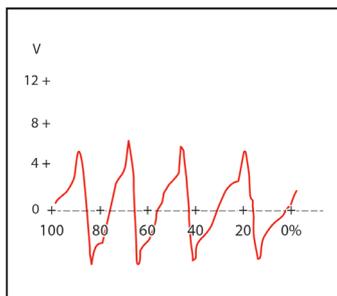


Bild 1.9
Induktionsgeber im Zündverteiler
[Bild: AS-illu]

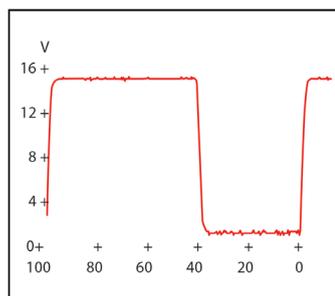


Bild 1.10
Hallgebersignal eines Zündverteilers
[Bild: AS-illu]

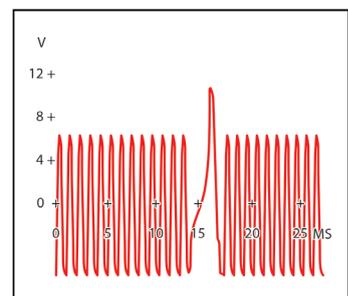
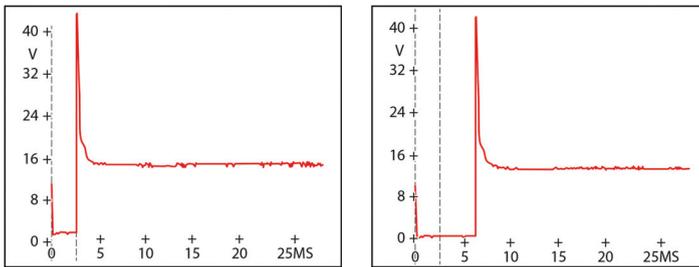


Bild 1.11
Drehzahl- und Bezugsmarkengeber
[Bild: AS-illu]

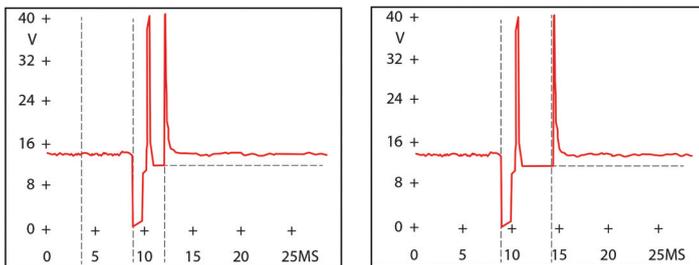
Werkstatttipp

Alle vorgenannten Einstellungen beziehen sich auf Universal-Oszilloskope. Die in den Diagnosetestern der verschiedenen Anbieter integrierten Oszilloskope enthalten im Regelfall für bestimmte Anwendungen eine Vorauswahl der Einstellungen, sodass der Servicetechniker nur noch auswählen muss, welches Signal angezeigt werden soll. Die Einstellung des Oszilloskops erfolgt dann durch das Diagnosegerät.

**Bilder 1.12 a und b**

Die Öffnungsdauer eines Einspritzventils bei einer Mehrpunkteinspritzung. Die Einspritzzeit vergrößert sich bei Belastung. Bild a: Motor im Leerlauf, Bild b Motor belastet.

[Bild: AS-IIIu]

**Bilder 1.13a und b**

Die Öffnungsdauer eines Einspritzventils bei einer Zentraleinspritzung. Auch hier vergrößert sich die Einspritzzeit bei Belastung.

Bild a: Motor im Leerlauf, Bild b Motor belastet.

[Bild: AS-IIIu]

1.3 Chronologischer Ablauf der Messungen

Achtung! Alle Spannungsmessungen erfolgen unter Last, d.h. es werden keine Stecker abgezogen. Erfolgt die Spannungsmessung lastfrei, also bei abgezogenem Stecker, ist der Stromkreis unterbrochen. Da jetzt kein Strom mehr fließt, wirken sich Übergangswiderstände nicht mehr aus und die durchgeführten Messungen sind nicht aussagekräftig. Zur Messung im geschlossenen Stromkreis eignen sich Y-Stecker, Break-Out-Boxen und, wenn keine andere Möglichkeit besteht, dünne Messspitzen, die zwischen Abdichtung und Kabelisolierung in den Stecker gedrückt werden.

Sensor-Prüfung

1. Erfassen der Signalspannung am Steuergerät
Im ersten Schritt sollte überprüft werden, ob das Steuergerät tatsächlich ein fehlerhaftes Signal bekommt, oder ob ein fehlerfreies Signal fehlerhaft ausgewertet wird. Hierzu wird die Signalspannung, im besten Fall mithilfe eines Oszilloskops und einer Break-Out-Box, direkt am Steuergerät aufgenommen. Das Oszilloskop ermöglicht eine Auswertung des kompletten Arbeitsbereiches des Sensors. Sollte die Messung nicht oder nur sehr erschwert möglich sein, (Einbaulage des Steuergeräts, fehlende Werkstattausrüstung z.B. Break-Out-Box...) kann behelfsweise mit Messung 2 angefangen werden, wobei Messung 1 spätestens bei fehlerfreiem Sensorsignal nachzuholen ist, bevor ein Fehler im Steuergerät in Betracht gezogen werden darf.
2. Erfassen der Signalspannung am Sensor
Der Ablauf der Messung ist analog zu Messung 1, wobei als Messstelle in diesem Fall der Anschluss der Signalleitung am Sensor dient. Ist die Signalspannung hier in Ordnung und am Steuergerät fehlerhaft, ist die Signalleitung zu überprüfen. Ist die Signalspannung hier fehlerhaft, muss zwischen zwei Fälle unterschieden werden:

- a) Signalspannung 0V: Signalleitung auf Masseschluss prüfen, danach Messung 3
 - b) Signalspannung $\neq 0V \Rightarrow$ Messung 3
3. Überprüfen der Spannungsversorgung am Sensor
Die Spannungsversorgung des Sensors wird mithilfe des Oszilloskops oder eines Multimeters überprüft. Der Sollwert kann dem Werkstatthandbuch entnommen werden. Er liegt üblicherweise bei $5 \pm 0,02V$.
 4. Überprüfen der Spannungsversorgung am Steuergerät
Der Ablauf der Messung ist analog zu Schritt 3, wobei als Messtelle das Steuergerät bzw. die Break-Out-Box dient. Ist die Spannungsversorgung hier in Ordnung und am Sensor gestört, sind die Leitungen zum Sensor zu prüfen. Ist die Spannungsversorgung hier gestört, muss geprüft werden, ob alle Voraussetzungen gegeben sind, damit das Steuergerät eine Versorgungsspannung bereitstellt, z.B. Spannungsversorgung des Steuergerätes, Schutzabschaltung von Kanälen etc.
 5. Überprüfen der Leitungen
Zunächst kann über jeder elektrischen Leitung der Spannungsfall gemessen werden. Hierzu werden die beiden Enden der Leitung mit dem Multimeter verbunden und die Spannung gemessen. Sie sollte gerade im Bereich der Sensorik Nahe 0V liegen. In einem weiteren Schritt sollte überprüft werden, ob Leitungen mit einer Plusleitung oder mit Masse verbunden sind. Hierzu wird die Leitung aus dem Stromkreis getrennt (alle Stecker ab) und anschließend mit dem Multimeter an beiden Enden der Leitung jeweils einmal gegen Plus und Masse gemessen. Alle Messungen sollten mit dem Ergebnis 0V enden.
 6. Überprüfung des Steuergerätes
Steuergeräte-Eingänge lassen sich mithilfe einer simulierten Signalspannung überprüfen. Dies kann entweder mit einer geeigneten Spannungsquelle oder mithilfe einer sogenannten Widerstandsdekade (Box mit verschiedenen Widerständen) erfolgen.



Hinweis: Viele Werkstätten bevorzugen aus Gründen der Vereinfachung ein Multimeter. Dieses ist jedoch nicht ratsam, da es für dynamische Messungen, beispielsweise am Potentiometer, zu träge ist. Angenommen, die Schleiferbahn des Potentiometers ist an einer Stelle stark korrodiert oder verschmutzt. Die Signalspannung würde an dieser Stelle kurzzeitig einbrechen und einen Fehler im Steuergerät („Signalspannung zu gering“) auslösen. Der restliche Arbeitsbereich des Potentiometers wäre hingegen in Ordnung, sodass man bei Einsatz eines Multimeters unter Umständen eine „einwandfreie“ Signalspannung bis hin zum Steuergerät feststellen und das Steuergerät somit als defekt diagnostizieren würde. Bei Einsatz eines Oszilloskops wäre der Signaleinbruch hingegen sichtbar und die teure Fehleinschätzung vermeidbar.

1.4 Aktor-Prüfung

Die Prüfung von Aktoren erfolgt analog zur Prüfung von Sensoren. Da die Spannung jedoch am jeweiligen Aktor ankommen muss, empfiehlt es sich, grundsätzlich mit der dritten Messung zu beginnen.

1. Überprüfen der Spannungsversorgung am Aktor

Die Spannungsversorgung des Aktors wird mithilfe des Oszilloskops oder eines Multimeters überprüft. Hierzu muss der jeweilige Aktor eingeschaltet werden. Dies geschieht entweder manuell (z.B. Licht, Heckscheibenheizung...) oder mittels Stellgliedtest (z.B. AGR-Ventil, Stellmotor Saugrohr...). Da viele Aktoren aktuell pulsweitenmoduliert angesteuert werden, empfiehlt sich das Oszilloskop. Die gemessene Spannung liegt i.d.R. bei Bordnetzspannung. Ist die Versorgungsspannung in Ordnung, der Aktor reagiert jedoch nicht, kann von einem Defekt des Aktors ausgegangen werden. Ist die gemessene Spannung nicht in Ordnung folgt Schritt 2.

2. Überprüfen der Spannungsversorgung am Steuergerät

Der Ablauf der Messung ist analog zu Schritt 1, wobei als Messtelle das Steuergerät bzw. die Break-Out-Box dient. Ist die Spannungsversorgung hier in Ordnung und am Sensor gestört, sind die Leitungen zum Sensor zu prüfen. Ist die Spannungsversorgung hier gestört, muss geprüft werden, ob alle Voraussetzungen gegeben sind, damit das Steuergerät eine Versorgungsspannung bereitstellt, z.B. Sicherung, Spannungsversorgung des Steuergerätes, Schutzabschaltung von Kanälen etc.

3. Überprüfen der Leitungen

Zunächst kann über jeder elektrischen Leitung der Spannungsfall gemessen werden. Hierzu werden die beiden Enden der Leitung mit dem Multimeter verbunden und die Spannung gemessen. Sie sollte $<0,5V$ liegen.

In einem weiteren Schritt sollte überprüft werden, ob Leitungen mit einer Plusleitung oder Masse verbunden sind. Hierzu wird die Leitung aus dem Stromkreis getrennt (alle Stecker ab) und anschließend mit dem Multimeter an beiden Enden der Leitung jeweils einmal gegen Plus und Masse gemessen. Alle Messungen sollten mit dem Ergebnis 0V enden.

4. Überprüfung des Steuergerätes

Steuergeräte-Endstufen (i.d.R. Transistoren) lassen sich nur unter Last prüfen. Ist der Stromkreis zum Aktor gestört, sollte daher ein „Ersatzverbraucher“, dessen Leistung in der Nähe des originalen Aktors liegt (in vielen Fällen eignet sich eine 21W-Glühlampe) angeschlossen werden. Anschließend erfolgt die Spannungsmessung gemäß Schritt 2.