

Fahrzeugelektronik -

Leicht gemacht! Teil 1



Sichern Sie Ihre Zukunft - mit Fahrzeugelektronik von Hella!

Der Elektronikanteil im Fahrzeug wächst stetig - es wird geschätzt, dass dieser im Jahr 2010 ungefähr 30 % des gesamten Materialwertes eines Fahrzeuges beträgt. Dies stellt Werkstätten vor wachsende Herausforderungen und ändert zudem das ursprüngliche Geschäft - vom traditionellen Wartungsdienst hin zum serviceorientierten High-Tech-Betrieb. Dabei möchte Sie Hella unterstützen. Unsere Elektronikexperten haben daher eine Auswahl von wichtigen Informationen zum Thema Fahrzeugelektronik zusammengestellt.

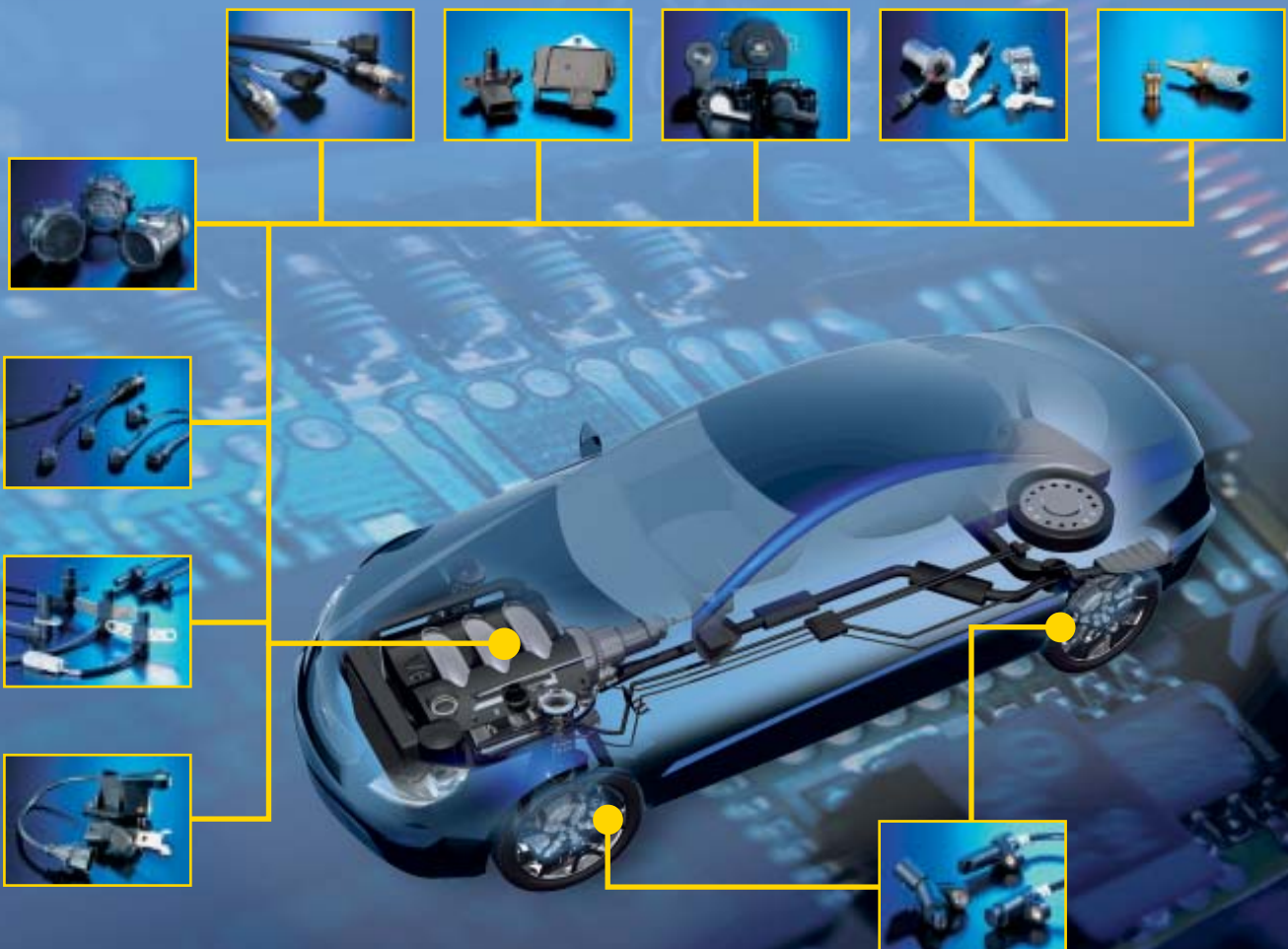
Hella bietet eine umfangreiche Produktpalette im Bereich Fahrzeugelektronik:

- Impulsgeber, Kurbelwelle • Sensoren, Nockenwellenposition • Luftmassenmesser • Sensoren, Ansaugluft-/Außen-/Innenraumtemperatur • Sensoren, Kühlmitteltemperatur • Klopfensensoren • Sensoren, Drosselklappenstellung • Sensoren, Saugrohr-Druck • Sensoren, Raddrehzahl • Sensoren, Geschwindigkeit, Getriebe
- Sensoren, Geschwindigkeit, Wegstrecken • Sensoren, Motorölstand, Kühlmittelstand • Sensoren, Bremsbelagverschleiß • Lamdasonden • Leerlaufsteller

Hella bietet Ihnen zudem die Möglichkeit, sich permanent und ortsunabhängig weiterzubilden. Nutzen Sie das Hella Online Training. Im Modul Elektronik finden Sie ausführliches Wissen für den Einsatz in der täglichen Arbeit. Weitere Informationen unter www.hella.de/OnlineTraining sowie in der Anzeige auf der Umschlagseite.

Haben Sie schon etwas von dem Konzept von Hella für freie Werkstätten gehört? Unter dem Namen Hella Service Partner verbirgt sich eine Partnerschaft zwischen freien Werkstätten, teilnehmenden Großhändlern und Hella. Durch direkten Kontakt mit Hella unterstützen wir Partner-Werkstätten in den Bereichen Beleuchtung, Elektrik, Elektronik und Thermo Management. Eine detaillierte Beschreibung dieser Chance für freie Werkstätten finden Sie im Internet unter: <http://www.hella.com/produktion/HellaDE/WebSite/Channels/Werkstatt/Konzept/HSP/HSP.jsp>, sowie in der Anzeige auf der Umschlagseite.

Wir hoffen, dass dieses Booklet für Sie eine Hilfestellung in Ihrer Arbeit ist. Bitte wenden Sie sich für weitere Informationen an Ihren Hella - Außendienstmitarbeiter.



Inhaltsübersicht

Allgemeine Information .....	.2
Inhaltsverzeichnis .....	.3
Grundlagen	
Diagnosearbeiten .....	.4
Fehlersuche mit dem Oszilloskop .....	.11
Fehlersuche mit dem Multimeter .....	.16
Sensorik	
Kurbelwellensensor .....	.22
Lambdasonde .....	.24
Ansauglufttemperatursensor .....	.31
Kühlwassertemperatursensor .....	.33
Getriebesensor .....	.35
Raddrehzahlsensor .....	.36
Klopfsensor .....	.38
Luftmassenmesser .....	.40
Nockenwellensensor .....	.41
Fahrpedalsensor .....	.43
Drosselklappensensor .....	.46
Drosselklappenschalter .....	.48
Aktuatorik	
Einspritzventil .....	.49
Leerlaufsteller .....	.52
Systeme	
Das Motorsteuergerät .....	.54
Das ABS-Bremssystem .....	.60
Das Abgasrückführungssystem .....	.68
Aktivkohlebehälter .....	.76
Die Zündsysteme .....	.78
CAN-Bus .....	.85
Reifendruckkontrollsystem .....	.99
Notizen .....	.106

Wir geben Ihnen einige Hinweise zu Test- und Diagnosegeräten, zur Fehlersuche und zur Beschaffung von Technischen Informationen.

Test- und Diagnosegeräte

Beginnen wir mit den erforderlichen Test- und Diagnosegeräten. Um heute bei Fahrzeugen eine effektive Fehlersuche durchführen zu können, ist es wichtig, Test- und Diagnosegeräte zur Verfügung zu haben. Dazu zählen:

- Multimeter
- Oszilloskop
- Diagnosegerät



Multimeter

Das Multimeter ist wohl das meist genutzte Messgerät in der Werkstatt. Es kann für alle schnellen Spannungs- oder Widerstandsmessungen verwendet werden. Ein gut nutzbares Multimeter sollte die folgende Mindestausstattung haben:

- DC V= verschiedene Messbereiche für Gleichspannung (mV, V)
- DC A= verschiedene Messbereiche für Gleichstrom (mA, A)
- AC V= verschiedene Messbereiche für Wechselspannung
- AC A= verschiedene Messbereiche für Wechselstrom
- Ω = verschiedene Messbereiche für Widerstand
- ♩ = Durchgangssummer

Als zusätzliche Option empfiehlt es sich, die Messbereiche für Temperatur und Frequenz mit zu berücksichtigen. Der Eingangswiderstand sollte mindestens 10 M Ω betragen.



Oszilloskop

Ein Oszilloskop ist erforderlich um die Signale verschiedener Sensoren aufzunehmen und darzustellen. Ein Oszilloskop sollte folgende Spezifikationen erfüllen:

- 2 Kanäle
- mindestens 20 Mhz
- Bilder speichern und drucken

Als zusätzliche Option empfiehlt sich hier die Möglichkeit des automatischen Bilderdurchlaufs (Erfassung und Wiedergabe). Für die einfachere Anwendung am Fahrzeug ist ein portables Handgerät von Vorteil.



Diagnosegerät

Ein Diagnosegerät wird im heutigen Werkstattalltag immer wichtiger. Um es richtig einsetzen zu können, sollten auch hier einige Grundfunktionen vorhanden sein:

- Fehlerspeicher auslesen, mit Klartextanzeige
- Fehlerspeicher löschen
- Messwertblöcke anzeigen
- Stellgliedtest

Darüber hinaus gibt es sinnvolle Optionen, die zu berücksichtigen sind:

- Das Gerät sollte transportabel sein.
- Große marktspezifische Fahrzeugmarken- und Typenabdeckung.
- Rückstellung und Neuprogrammierung von Serviceintervall-Anzeigen
- Das Gerät sollte die Möglichkeit zur Codierung von z.B. Steuergeräten haben.
- Der Datentransfer über PC/Drucker sollte möglich sein.
- Möglichst einfaches Aufspielen von Updates.

Bevor die Kaufentscheidung für ein Diagnosegerät getroffen wird, ist es sinnvoll sich verschiedene Geräte von verschiedenen Herstellern vorführen zu lassen und evtl. ein Vorführgerät im Werkstattalltag zu testen. Dabei lassen sich Handhabung und Praxistauglichkeit am besten prüfen.

Zusätzlich sind folgende Faktoren zu beachten:

Wie ist die Fahrzeugabdeckung des Gerätes?

Passt diese zu den Kundenfahrzeugen der Werkstatt?

Schauen Sie sich die Marken Ihrer Kundenfahrzeuge an und vergleichen Sie diese mit den hinterlegten Fahrzeugmarken im Gerät. Haben Sie sich auf eine Marke spezialisiert, sollte diese auf jeden Fall hinterlegt sein. Natürlich sollte auch die Modellpalette des Herstellers, mit den dazugehörigen Motorvarianten, vorhanden sein. Entscheidend sind auch die Prüftiefe und die Fahrzeugsysteme (Motor, ABS, Klimaanlage etc.), die bei den einzelnen Fahrzeugen diagnostiziert werden können. Sind sehr viele Fahrzeugmarken im Gerät hinterlegt, bedeutet das nicht automatisch, dass auch bei allen Fahrzeugen der gleiche Diagnosestandard angenommen werden kann.

Wie werden neue Updates auf das Gerät übertragen?

Auch hier gibt es wieder unterschiedliche Möglichkeiten. Updates können über das Internet, CD oder Speicherkarten erfolgen. Hier hat jeder Gerätehersteller seine eigene Philosophie. Interessant ist, wie häufig ein Update erfolgt und wie umfangreich dieses ist.

Welche zusätzlichen Informationen werden angeboten?

Eine Reihe von Diagnosegeräteherstellern bietet eine Vielzahl an zusätzlichen Informationen an. Hierbei handelt es sich um technische Informationen wie Schaltpläne, Einbauorte von Bauteilen, Prüfmethode usw.. Teilweise gibt es auch Hinweise auf fahrzeugspezifische Probleme oder Kundenverwaltungsprogramme.

Unterstützung bei Problemen?

Jeder weiß, wie es ist, wenn nichts mehr geht. Das kann mit Problemen am Gerät, dem Computer oder mit dem Fahrzeug zusammenhängen. In diesem Fall ist es immer sehr hilfreich, wenn die Möglichkeit besteht eine Hotline anzurufen. Viele Testgerätehersteller bieten Hotlines an, die sowohl bei Soft- oder Hardwareproblemen am Gerät selbst und bei fahrzeugspezifischen Problemen weiterhelfen können. Auch hier gibt es unterschiedliche Wege, wie eine Anfrage an die Hotline gestellt werden kann. Dies reicht vom einfachen Anrufen über Faxanfragen zu Abfragen per E-Mail.

Welche Kosten sind zu berücksichtigen?

Neben dem eigentlichen Gerätepreis gibt es viele verschiedene Möglichkeiten, wie die einzelnen Zusatzleistungen berechnet werden. Lassen Sie sich genau über die Folgekosten, die zum Beispiel durch die Nutzung der Hotline entstehen, aufklären. Viele Gerätehersteller bieten den Werkstätten einen modularen Aufbau an.

Das bedeutet, dass sich die Werkstatt ihr eigenes Softwarepaket nach ihrem Bedarf zusammenstellen kann. Hierzu gehört unter Umständen auch die Erweiterung durch ein AU - Messgerät zur Durchführung der AU II (mit EOBD Fehlercode-Auslese).

Es ist nicht notwendig, diese Geräte alle einzeln anzuschaffen. Teilweise sind sie schon in den Werkstätten vorhanden, zum Beispiel ein Oszilloskop im Motortester, oder können als Kombigerät, Handoszilloskop mit Multimeter, gekauft werden. Ein vollausgestattetes Diagnosegerät verfügt in der Regel auch über ein integriertes Oszilloskop und Multimeter.

Fahrzeugdiagnose und Fehlersuche

Die Fehlersuche beginnt schon bei der Fahrzeugannahme. Im Gespräch mit dem Kunden und während einer Probefahrt können sehr viele wichtige Informationen gesammelt werden. Der Kunde kann genau erklären, wann und unter welchen Bedingungen der Fehler auftritt. Mit diesen Informationen haben Sie schon den ersten Schritt zur Diagnose gemacht. Liegen keinerlei Informationen vom Kunden vor, da bei der Fahrzeugannahme weder eine Probefahrt noch eine Kundenbefragung durchgeführt wurde, gibt es schon die ersten Probleme. Zum Beispiel lässt sich der Fehler nicht nachvollziehen oder reproduzieren. Wie soll ein Fehler gefunden werden, der nicht da ist?



Wenn man aber genau weiß, wann und unter welchen Bedingungen der Fehler auftritt, kann er immer wieder reproduziert und erste Lösungsansätze gesucht werden. Um möglichst viele Informationen zu bekommen, empfiehlt es sich eine Checkliste zu erstellen, auf der alle möglichen Bedingungen und Fahrzustände aufgelistet sind. Dies ermöglicht eine schnelle und effektive Art der Kundenbefragung. Ist das Fahrzeug in der Werkstatt, sollte der Fehlerspeicher ausgelesen werden. Hier kommt das Diagnosegerät das erste Mal zum Einsatz. Ist im Fehlerspeicher ein Fehler abgespeichert, muss mit weiteren Messungen und Prüfungen festgestellt werden, ob es sich um ein defektes Bauteil, zum Beispiel einen Sensor, einen Fehler in der Verkabelung oder um ein mechanisches Problem handelt. Einfach nur das Bauteil zu tauschen, führt häufig zu Kosten, aber nicht zum gewünschten Erfolg.

Es ist grundsätzlich zu beachten, dass das Steuergerät einen Fehler erkennt, aber nicht zuordnen kann, ob das Problem im Bauteil, der Verkabelung oder an der Mechanik liegt. Weiteren Aufschluss kann das Auslesen der Datenlisten geben. Hier werden die Soll- und Istwerte des Steuergerätes verglichen.

Als Beispiel: Die Motortemperatur beträgt über 80 °C, der Motortemperaturfühler meldet dem Steuergerät aber nur einen Wert von 20 °C. Solche auffälligen Fehler können durch Auslesen der Datenlisten erkannt werden.

Ist ein Auslesen der Datenlisten nicht möglich oder kein Fehler erkennbar, sollten folgende weitere Prüfungen/Messungen durchgeführt werden:

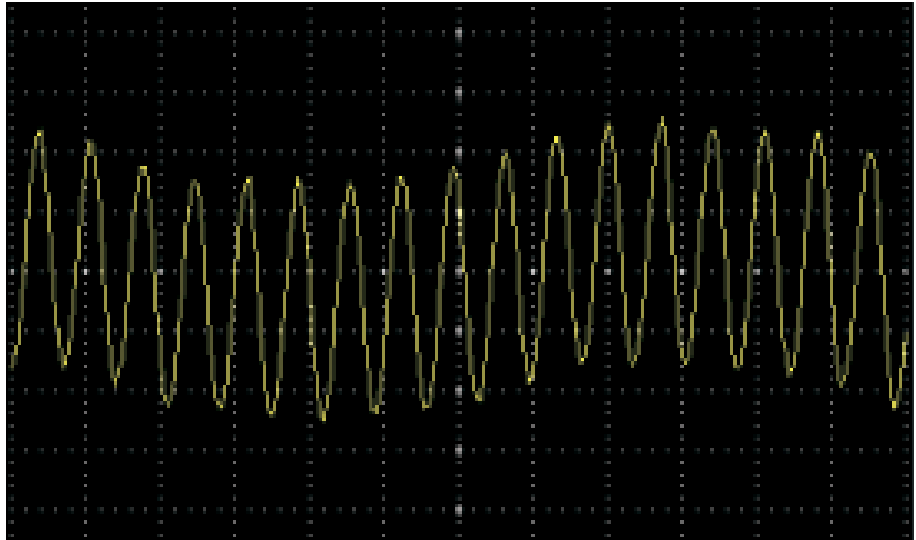
Sichtprüfung

Mit einer Sichtprüfung lassen sich Übergangswiderstände, die durch Oxidation oder mechanische Defekte an Steckern und/oder Steckkontakten entstehen, schnell erkennen. Auch starke Beschädigungen an Sensoren, Aktuatoren und Kabeln, zum Beispiel durch Marderverbiss, lassen sich so feststellen. Sind bei einer Sichtprüfung keine erkennbaren Mängel aufgefallen, geht es mit der Bauteilprüfung weiter.

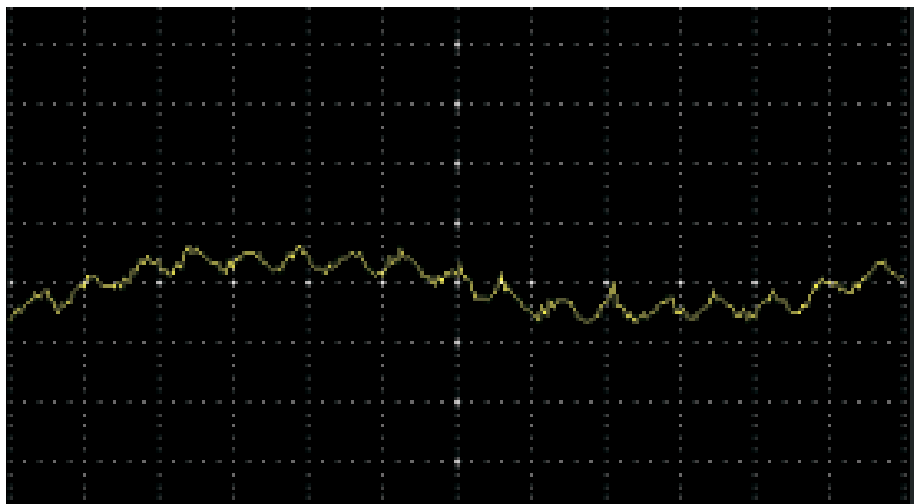
Messungen an Sensoren und Aktuatoren

Um Sensoren und Aktuatoren zu prüfen, kann mit einem Multimeter der Innenwiderstand gemessen werden. Vorsicht bei Hallsensoren, diese können durch eine Widerstandsmessung zerstört werden. Ein Vergleich der Soll- und Istwerte kann Aufschluss über den Zustand der Bauteile geben. Als Beispiel wieder ein Temperatursensor. Durch Messung des Widerstands bei unterschiedlichen Temperaturen kann festgestellt werden, ob die Istwerte den erforderlichen Sollwerten entsprechen. Mit dem Oszilloskop können Signalbilder von Sensoren dargestellt werden. Auch hier kann durch den Vergleich von Gut und Schlechtbildern festgestellt werden, ob der Sensor ein ausreichend gutes Signal an das Steuergerät liefert oder eine andere Ursache der Grund für einen Fehlereintrag ist.

Als Beispiel ein Kurbelwellensensor:



Oszilloskopbild – Kurbelwellensensor intakt



Oszilloskopbild – Kurbelwellensensor mit Fehler

Als Beispiel: Durch starke Verschmutzung oder Beschädigungen am Geberrad wird ein schlechtes oder verfälschtes Signal an das Steuergerät gesendet. Dies führt zu einem Eintrag im Fehlerspeicher, der lauten kann: Kurbelwellensensor kein/falsches Signal. Der Austausch des Sensors würde in diesem Fall den Fehler nicht beseitigen. Wird bei der Messung mit dem Oszilloskop ein fehlerhaftes Signalbild festgestellt, kann vor dem Austausch des Sensors das Geberrad geprüft werden. Aber auch die Ansteuerung der Aktuatoren durch das Steuergerät kann mit dem Oszilloskop geprüft werden. Zum Beispiel die Ansteuerung der Einspritzventile. Auf dem Oszilloskopbild kann man sehen, ob das Signalbild an sich in Ordnung ist und ob die Einspritzventilöffnungszeiten dem Betriebszustand des Motors entsprechen.

Wenn im Fehlerspeicher kein Fehler abgespeichert ist, gewinnen diese Prüfungen noch mehr an Bedeutung. Da es keinen Fehlereintrag gibt, fehlt auch der erste Hinweis, wo der Fehler zu suchen ist. Durch das Auslesen der Datenlisten kann man aber auch hier erste Erkenntnisse über den Datenfluss sammeln.

Als klassisches Beispiel ist der Luftmassenmesser zu erwähnen. Trotz eines spürbaren Fehlers im Motormanagementsystem wird kein Fehler im Steuergerät hinterlegt. Bei einer Probefahrt und unter Last gemessenen Werten des Luftmassenmessers stellt sich dann heraus, dass die Messwerte nicht zum Betriebszustand des Motors oder den Sollwerten passen. Für das Motorsteuergerät sind die Daten des Luftmassenmessers aber immer noch plausibel und es passt die anderen Parameter, wie z.B. die Kraftstoffeinspritzmenge, den gemessenen Werten an und macht keinen Eintrag in den Fehlerspeicher. Ähnlich wie beim Luftmassenmesser kann es sich bei anderen Bauteilen verhalten. Hier kann dann mit den oben aufgeführten Prüfungen der Fehler eingegrenzt werden.

Eine weitere Möglichkeit neben der seriellen Diagnose (Anschluss des Diagnosegerätes an einen Diagnoseanschluss), ist die parallele Diagnose. Bei dieser Diagnoseart wird das Diagnosegerät zwischen dem Steuergerät und dem Kabelbaum angeschlossen. Einige Testgerätehersteller bieten diese Möglichkeit an. Vorteil hierbei ist, dass jeder einzelne Anschlusspin des Steuergerätes geprüft werden kann. Es können alle Daten, Sensorsignale, Masse- und Spannungsversorgungen einzeln abgegriffen und mit den Sollwerten verglichen werden.

Um eine effektive Diagnose eines Systems oder Bauteils durchzuführen, ist es häufig sehr wichtig, dass ein fahrzeugspezifischer Schaltplan oder eine technische Beschreibung vorliegt. Ein großes Problem in der Werkstatt ist, diese fahrzeugspezifischen Informationen zu bekommen. Folgende Möglichkeiten bieten sich hier an:

Freie Datenanbieter

Es gibt eine Reihe von freien Datenanbietern, die eine Vielzahl an fahrzeugspezifischen Daten in Form von CDs oder Büchern anbieten. Diese Datensammlungen sind in der Regel sehr umfangreich. Sie reichen von Wartungsinformationen wie Füllmengen, Inspektionsintervallen und Einstellwerten bis zu Schaltplänen, Prüfhinweisen und Bauteilanordnungen von verschiedenen Systemen. Erhältlich sind diese CDs in verschiedenen Ausführungen, was den Umfang der enthaltenen Daten und die Laufzeit angeht. Es gibt CDs zu einzelnen Systemen oder als Vollversion. Die Laufzeit kann unbegrenzt sein oder als Abonnement mit jährlichen Updates.

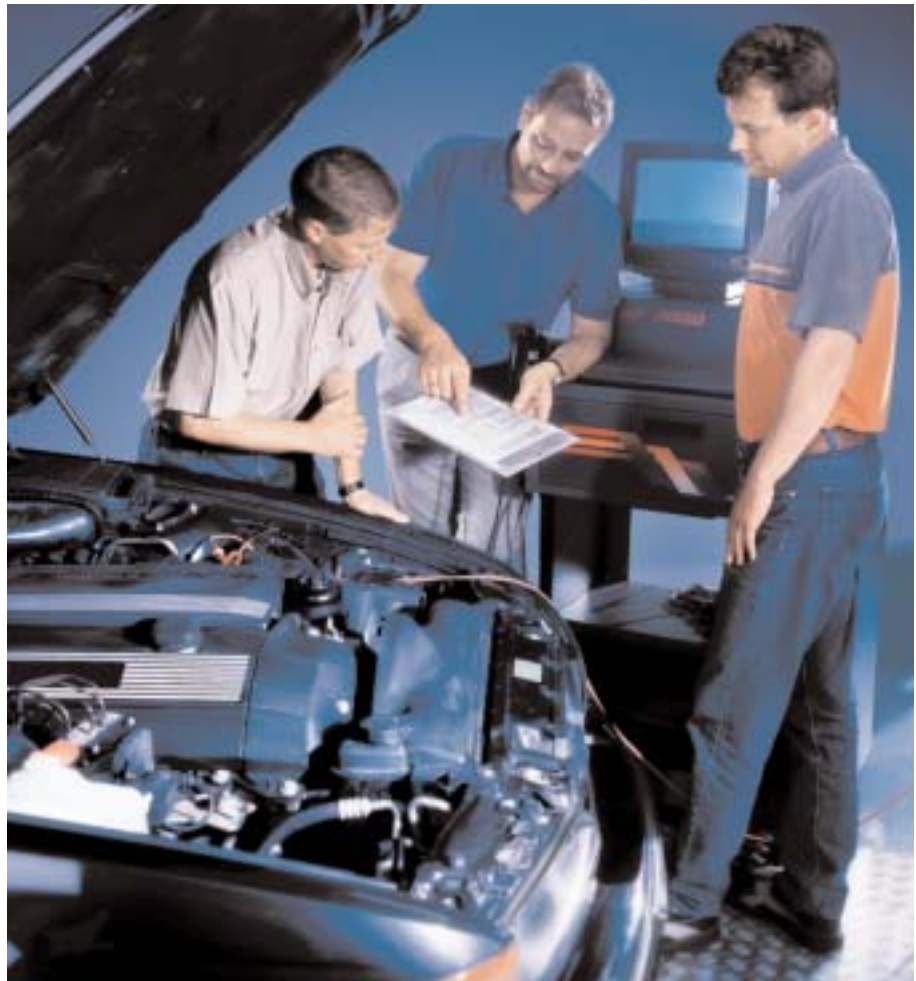
Daten in Verbindung mit einem Diagnosegerät

Diverse Diagnosegerätehersteller haben eine Vielzahl von Daten auf ihren Geräten hinterlegt. Auf diese Daten kann während der Diagnose oder einer Reparatur zugegriffen werden. In der Regel umfassen diese Daten, ähnlich wie bei den freien Datenanbietern, alle nötigen Informationen. Wie groß die gesamte Anzahl der Informationen ist, variiert zwischen den einzelnen Anbietern. Einige Hersteller arbeiten mehr Daten auf als andere und bieten so ein besseres Angebot.

Daten aus dem Internet

Einige Fahrzeughersteller bieten spezielle Internetseiten an, auf denen alle Informationen abgelegt sind. Für diese Seiten kann eine Freischaltung beantragt werden. Die Berechnung der heruntergeladenen Informationen ist bei den einzelnen Herstellern unterschiedlich. In der Regel richten sich die Kosten nach der heruntergeladenen Informationsmenge. Die Kosten reichen hier von ein paar Euro bis zu ein paar hundert Euro für einzelne Informationen. Heruntergeladene Dokumente können archiviert und immer wieder verwendet werden. Aber nicht nur auf den Internetseiten der Fahrzeughersteller können Informationen gesammelt werden, auch in diversen Foren, auf Teilehersteller- und privaten Seiten werden viele Informationen angeboten und ausgetauscht. Ein Vermerk auf diese Seiten kann manchmal sehr hilfreich sein.

Alle diese Dinge sind für eine Fahrzeugdiagnose wichtig. Der entscheidende Faktor ist aber die Person, die eine Diagnose durchführt. Das beste Mess- und Diagnosegerät kann nur bedingt helfen, wenn es nicht richtig angewendet wird. Für eine erfolgreiche und sichere Fahrzeugdiagnose ist es sehr wichtig, dass der/die Anwender/in über Kenntnisse in der Handhabung der Geräte und über das zu prüfende System verfügt. Diese Kenntnisse können nur über eine Schulung erlangt werden. Daher ist es wichtig, dass auf die sich schnell ändernde Technik (immer neue Systeme und Weiterentwicklungen) reagiert wird und durch Weiterbildungsmaßnahmen und Schulungen immer der optimale Wissensstand erreicht wird.



Ob als Handgerät oder fest im Motortester eingebaut – Oszilloskope sind aus dem Werkstattalltag nicht mehr wegzudenken. In dieser und in den folgenden Ausgaben sollen Ihnen die Funktionsweise und die verschiedenen Prüf- und Diagnosemöglichkeiten praxisgerecht nähergebracht werden.

Multimeter oder Oszilloskop?



Ein digitales Multimeter reicht aus, um Stromkreise im statischen Zustand zu prüfen. Gleiches gilt für Checks, bei denen sich der Messwert allmählich ändert. Das Oszilloskop kommt dann zum Einsatz, wenn man intermittierende Fehler diagnostizieren will oder dynamische Prüfungen (am laufenden Motor) durchführt.

Das Oszilloskop bietet drei Vorteile:

1. Die Messwerterfassung erfolgt erheblich schneller als beim besten Multimeter.
2. Der Signalverlauf kann ohne großes Spezialwissen leicht dargestellt und (mit Hilfe von Vergleichsoszillogrammen) leicht interpretiert werden.
3. Es lässt sich sehr leicht anschließen, im Normalfall reichen zwei Kabel.

Das Leistungsspektrum des Oszilloskops



Der ältere analoge Oszilloskop-Typ eignete sich ausschließlich zur Prüfung der Hochspannungskreise im Zündsystem. Das moderne digitale Oszilloskop bietet zusätzlich einstellbare Niederspannungsmessbereiche (z.B. 0-5 V oder 0-12 V). Es verfügt auch über einstellbare Zeitmessbereiche, um die Oszillogramme bestmöglich ablesbar darzustellen.

Bewährt haben sich die Handgeräte, die direkt am Fahrzeug und sogar während einer Testfahrt eingesetzt werden können. Diese Geräte sind in der Lage, Oszillogramme und entsprechende Daten zu speichern, damit sie anschließend ausgedruckt oder auf einen PC runtergeladen und im Detail betrachtet werden können.

Das Oszilloskop kann Schwingungen, Frequenzen, Impulsbreiten und Amplituden des empfangenen Signals darstellen. Das Prinzip ist einfach: Es zeichnet auf der vertikalen (y) Achse einen Graphen aus der gemessenen Spannung und auf der horizontalen (x) Achse die verstrichene Messzeit auf. Die kurze Reaktionszeit ermöglicht die Diagnose intermittierend auftretender Fehler. Es können also die Auswirkungen beobachtet werden, die durch Eingriffe auf das Bauteil verursacht werden – beispielsweise durch das Abziehen des Mehrfachsteckers.

Mit dem Oszilloskop kann auch der allgemeine Zustand eines Motor-managementsystems geprüft werden. Ein gutes Beispiel ist hier die Lambdasonde: Bei der Darstellung des Lambdasondensignals lässt sich jede Unregelmäßigkeit im Betriebsverhalten des gesamten Systems feststellen. Eine korrekte Schwingung ist ein zuverlässiger Hinweis darauf, dass das System ordnungsgemäß arbeitet.

Oszillogramme

Jedes Oszillogramm enthält einen oder mehrere der folgenden Parameter:

- Spannung (U)
- Signalspannung zu einem bestimmten Zeitpunkt
- Frequenz – Schwingung pro Sekunde (Hz)
- Impulsbreite – Tastrate (%)
- Zeit (t), in der Signalspannung angezeigt wird
– als Prozentsatz (%) der Gesamtzeit
- Schwingung (Änderung des Signals)

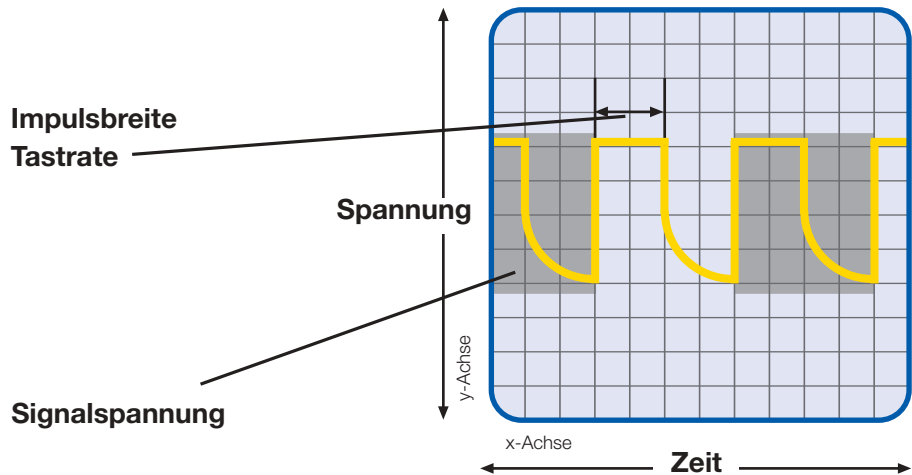


Bild 1: Parameter

Interpretation von Oszillogrammen

Typische Oszillogramme (Bild 2 und 3) sind von vielen Faktoren abhängig und sehen deshalb sehr unterschiedlich aus. Wenn ein Oszillogramm von der „typischen“ Darstellung abweicht, sind vor der Diagnose und dem Auswechseln von Bauteilen folgende Punkte zu beachten:

1. Spannung

Typische Oszillogramme zeigen die ungefähre Lage des Graphen zur Nullachse an. Dieser Graph (Bild 2[1]) kann aber, je nach zu prüfendem System, innerhalb des Nullbereichs liegen (Bild 2[2] und 3[1]). Die Spannung bzw. die Amplitude (Bild 2[3] und 3[2]) ist von der Betriebsspannung des Schaltkreises abhängig. Bei Gleichspannungskreislängen hängt sie von der geschalteten Spannung ab. So ist z.B. die Spannung bei Leerlaufregelungseinrichtungen konstant, d.h. sie ändert sich nicht mit der Drehzahl. Bei Wechselspannungskreislängen dagegen hängt sie von der Geschwindigkeit des Signalerzeugers ab: Die Ausgangsspannung beispielsweise eines induktiven Kurbelwinkelsensors steigt mit der Drehzahl.

Liegt der Graph zu hoch oder geht er nach oben über den Bildschirmrand hinaus, muss der Spannungsmessbereich vergrößert werden, um die gewünschte Darstellung zu erhalten. Ist der Graph zu klein, minimiert man den Spannungsmessbereich. Einige Schaltkreise mit Magnetventilen, wie z.B. Leerlaufregelungseinrichtungen, erzeugen Spannungsspitzen (Bild 2[4]), wenn der Kreis ausgeschaltet ist.

Diese Spannung wird von dem entsprechenden Bauteil erzeugt und kann in der Regel ignoriert werden.

Bei einigen Schaltkreisen, deren Oszillogramm die Form einer Rechteckspannung aufweist, kann die Spannung am Ende der Schaltperiode allmählich abfallen (Bild 2[5]). Diese Erscheinung ist typisch für einige Systeme – sie braucht ebenfalls nicht beachtet zu werden.

2. Frequenz

Die Frequenz ist abhängig von der Betriebsgeschwindigkeit des Schaltkreises. In den dargestellten Oszillogrammen wurde der Zeitmessbereich festgelegt, damit der Graph im Detail betrachtet werden kann.

Bei Gleichspannungskreislösungen hängt der einzustellende Zeitmessbereich von der Geschwindigkeit ab, mit der der Schaltkreis geschaltet wird (Bild 2[6]). So ändert sich z.B. die Frequenz einer Leerlaufeinrichtung mit der Motorlast.

Bei Wechselspannungskreislösungen hängt der einzustellende Zeitmessbereich von der Geschwindigkeit des Signalerzeugers ab (Bild 3[3]). So steigt z.B. die Frequenz eines induktiven Kurbelwinkelsensors mit der Drehzahl.

Ist das Oszillogramm zu stark komprimiert, muss der Zeitmessbereich verkleinert werden. So erhält man die gewünschte Darstellung. Bei einem stark auseinandergezogenen Oszillogramm vergrößert man den Zeitmessbereich. Verläuft der Graph in umgekehrter Richtung (Bild 3[4]), sind die Bauteile im zu prüfenden System in entgegengesetzter Polarität zum dargestellten typischen Oszillogramm angeschlossen. Dies ist kein Hinweis auf einen Fehler und kann in der Regel ignoriert werden.

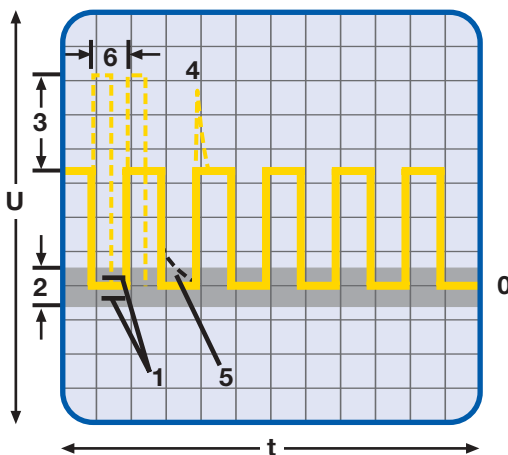


Bild 2: Digitales Oszillogramm

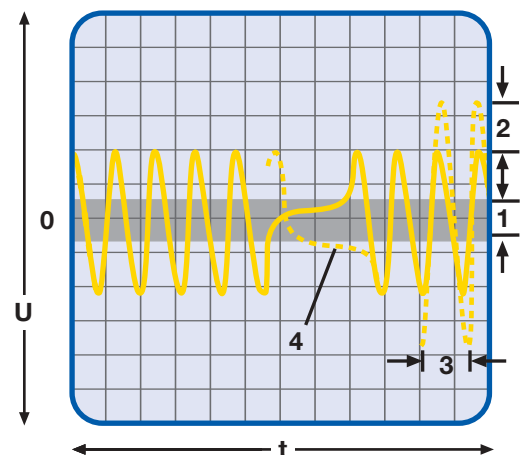


Bild 3: Analoges Oszillogramm

Beispiele von Signalformen

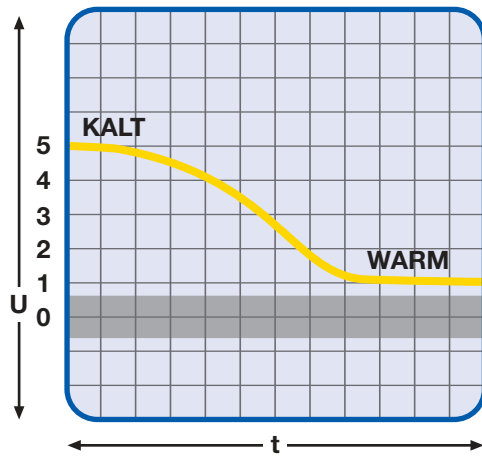


Bild 4: Kühlmitteltemperatursensor

Gleichspannungssignale

Beispiele für Bauteile mit Gleichspannungssignalen:

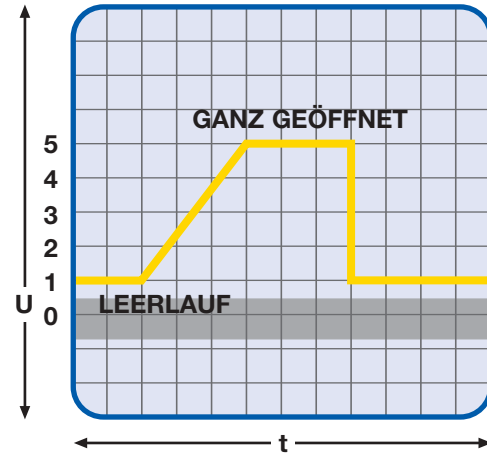


Bild 5: Drosselklappenpotentiometer

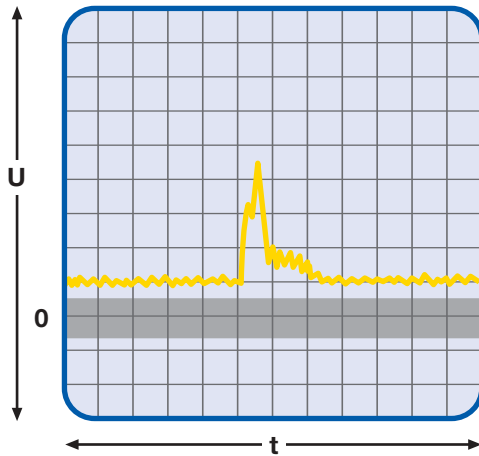


Bild 6: Luftmengenmesser

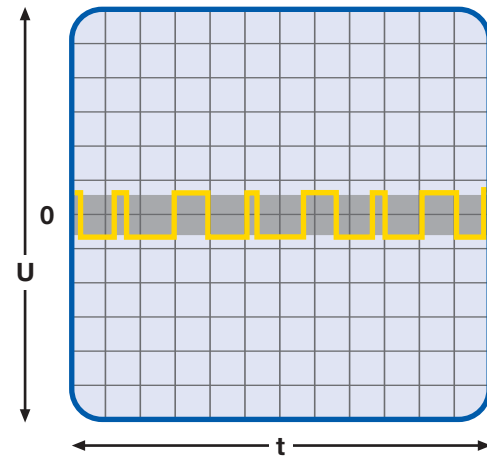


Bild 7: Luftmassenmesser (digital)

Wechselspannungssignale

Beispiele für Bauteile mit Wechselspannungssignalen:

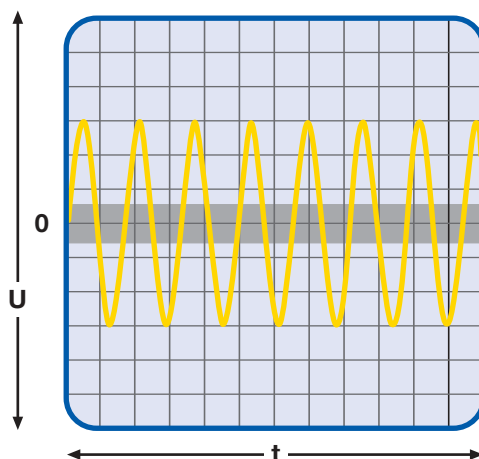


Bild 8: Drehzahlsensor (induktiv)

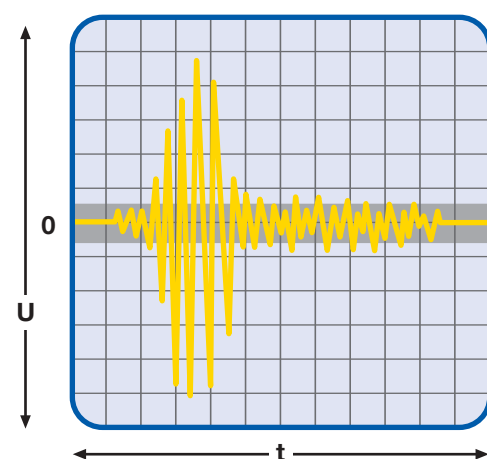


Bild 9: Klopfsensor

Beispiele von Signalformen

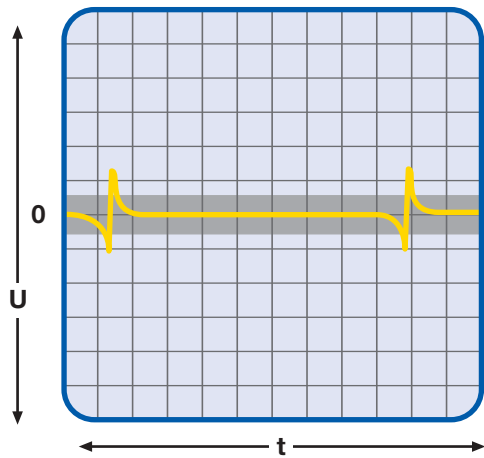


Bild 10: Nockenwellensensor (induktiv)

Frequenzmodulierte Signale

Beispiele für Bauteile mit frequenzmodulierten Signalen:

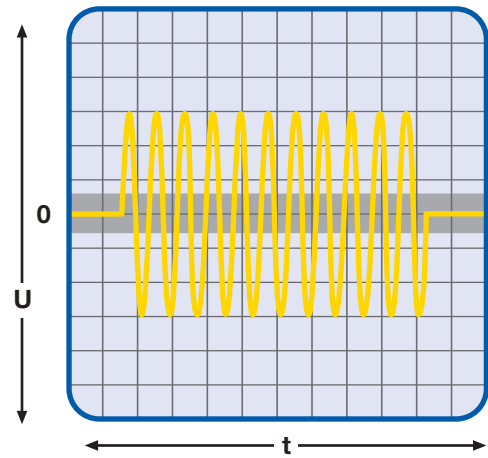


Bild 11: Geschwindigkeitssensor (induktiv)

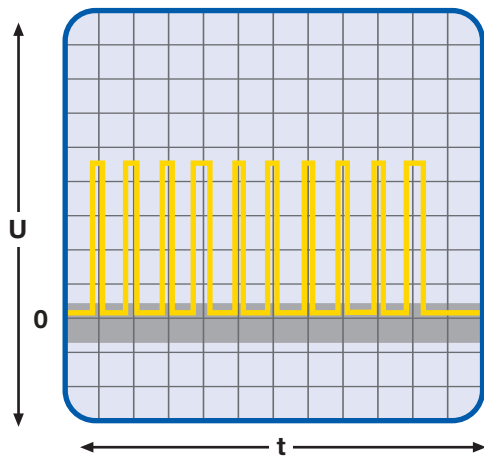


Bild 12: Optischer Drehzahl- und Positionssensor

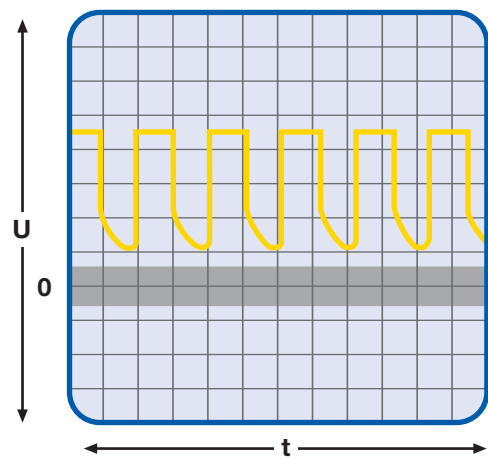


Bild 13: Digitaler Luftmassensensor

Es gibt eine Vielzahl von Diagnosegeräten, mit denen z.B. der Fehlerpeicher ausgelesen, eine Istwertanzeige oder ein Stellgliedtest durchgeführt werden können. Das wohl wichtigste Prüf- und Messgerät ist im Werkstattalltag das Multimeter. Grundvoraussetzungen zur sicheren Fehlerdiagnose mit dem Multimeter sind natürlich das Beherrschen der verschiedenen Messtechniken sowie die Kenntnis der Solldaten und Schaltpläne der zu prüfenden Bauteile bzw. Systeme. Auf den folgenden Seiten möchten wir Ihnen einige Grundlagen der Elektrik und die verschiedenen Messtechniken näher bringen.

Grundlagen der Elektrik

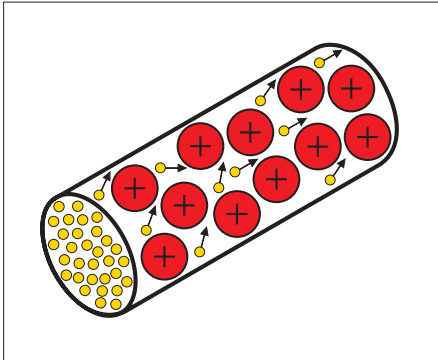


Bild 1: Elektronenüberschuss und Elektronenmangel

Spannung: Eine elektrische Spannung entsteht aus dem Bestreben der Elektronen, die Potentialdifferenz zwischen einer elektrischen Ladung mit Elektronenüberschuss (Minuspotenzial) und mit Elektronenmangel (Pluspotenzial) auszugleichen (Bild 1). Elektrische Spannung hat das Formelzeichen U und die Maßeinheit Volt (V).

Strom: Elektrischer Strom fließt, wenn der negative Pol über einen Leiter mit dem positiven Pol verbunden wird. In diesem Fall wäre der Stromfluss aber nur von sehr kurzer Dauer, da sich die Potentialdifferenz schnell ausgeglichen hätte. Um einen dauerhaften Stromfluss zu gewährleisten ist eine Kraft notwendig, die den Strom ständig durch den Stromkreis treibt. Diese Kraft kann eine Batterie oder ein Generator sein. Elektrischer Strom hat das Formelzeichen I und die Maßeinheit Ampere (A).

Widerstand: Der Widerstand ergibt sich aus der Hemmung, die sich dem ungehinderten Stromfluss entgegensetzt. Die Größe der Hemmung wird bestimmt durch die Art der verwendeten elektrischen Leiter und durch die an den Stromkreis angeschlossenen Verbraucher. Der Widerstand hat das Formelzeichen R und die Maßeinheit Ohm (Ω).

Zwischen den drei Größen Stromstärke, Spannung und Widerstand ergibt sich ein gesetzmäßiger Zusammenhang:

Die Stromstärke ist umso größer, je größer die Spannung und je kleiner der Widerstand ist.

Zur Berechnung der einzelnen Größen wird eine Formel verwendet, die nach dem Physiker Georg Simon Ohm benannt ist.

Das Ohmsche Gesetz lautet:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}} \quad \text{Als Formel: } I = \frac{U}{R}$$

$$\text{Spannung} = \text{Widerstand mal Stromstärke} \quad \text{Als Formel: } U = R \cdot I$$

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}} \quad \text{Als Formel: } R = \frac{U}{I}$$

Die Schaltung von Widerständen

Die zwei einfachsten elektrischen Schaltungen von Widerständen (Verbraucher) sind die Reihenschaltung und die Parallelschaltung.

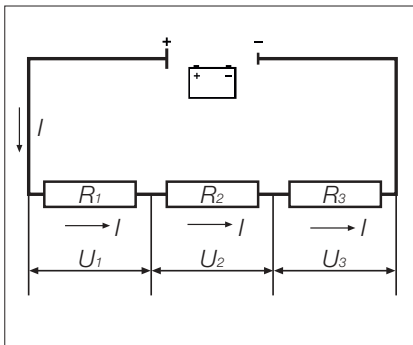


Bild 2: Reihenschaltung von Widerständen

Bei der **Reihenschaltung** werden zwei oder mehr Widerstände (Verbraucher) so geschaltet, dass sie vom selben Strom durchflossen werden (Bild 2). Bei der Messung der abgebildeten Reihenschaltung kommt man zu folgenden Ergebnissen: Die Stromstärke I ist in allen Widerständen gleich groß. Die Summe der Spannungsabfälle an den Widerständen ($U_1 \dots U_3$) ist gleich der angelegten Spannung U .

Daraus ergeben sich folgende Formeln:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots \quad R = \text{Gesamt- oder Ersatzwiderstand}$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad R_1, R_2 \dots = \text{Einzelwiderstände}$$

In einer Reihenschaltung ist die Summe der Einzelwiderstände so groß wie der Gesamt- oder Ersatzwiderstand.

Eine Reihenschaltung wird zum Beispiel verwendet, um die Betriebsspannung an einem Verbraucher durch einen Vorwiderstand zu verringern oder ihn an eine höhere Netzspannung anzupassen.

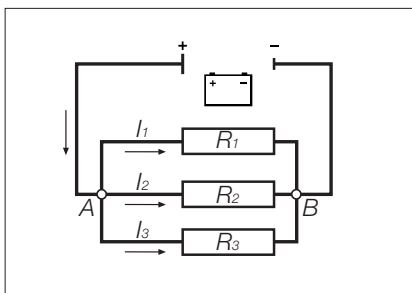


Bild 3: Parallelschaltung von Widerständen

Bei der **Parallelschaltung** werden zwei oder mehr Widerstände (Verbraucher) parallel zueinander an die gleiche Spannungsquelle angeschlossen (Bild 3). Der Vorteil der Parallelschaltung liegt darin, dass Verbraucher unabhängig voneinander ein- und ausgeschaltet werden können.

Bei der Parallelschaltung ist an den Knotenpunkten (Stromverzweigungen) die Summe der zufließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme (Bild 3).

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

Bei der Parallelschaltung liegt an allen Widerständen (Verbrauchern) die gleiche Spannung an.

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

Bei der Parallelschaltung ist der Kehrwert des Gesamtwiderstandes gleich der Summe der Kehrwerte der Einzelwiderstände.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

In einer Parallelschaltung ist der Gesamtwiderstand immer kleiner als der kleinste Teilwiderstand. Das bedeutet: Wird zu einem sehr kleinen Widerstand ein sehr großer parallel geschaltet, erhöht sich bei konstanter Spannung der Strom geringfügig, da der Gesamtwiderstand geringfügig kleiner geworden ist.

Das Multimeter

Ein Standard-Multimeter verfügt über verschiedene Messmöglichkeiten:

- Gleichstrom (DCA)
- Wechselstrom (ACA)
- Gleichspannung (DCV)
- Wechselspannung (ACV)
- Widerstand (Ohm)

Als Option:

- Diodentest
- Transistor-Test (hfe)
- Temperatur
- Durchgangstest (Summer, Pieper)

Die Einstellung der einzelnen Messbereiche wird von den Herstellern der Multimeter unterschiedlich vorgenommen. In der Regel erfolgt die Einstellung über einen Drehschalter. Bevor mit der Messung begonnen wird, sollten einige grundlegende Dinge beachtet werden:

- Die Messleitungen und Messspitzen müssen sauber und unbeschädigt sein.
- Es ist darauf zu achten, dass die Messleitungen in die für den Messbereich vorgesehenen Anschlussbuchsen gesteckt sind.
- Liegen keine Messdaten vor, ist immer mit der größtmöglichen Einstellung für den jeweiligen Messbereich zu beginnen. Erfolgt keine Anzeige, den nächst kleineren Bereich wählen.

Mit besonderer Vorsicht muss bei der Strommessung vorgegangen werden. Einige Multimeter verfügen über zwei, andere über eine Anschlussbuchse zur Strommessung. Bei den Geräten mit zwei Buchsen dient eine Buchse zur Messung von Strom bis ca. 2 Ampere. Diese ist im Gerät mit einer Sicherung abgesichert. Die zweite Buchse bis 10 oder 20 Ampere ist meistens nicht abgesichert. Es ist darauf zu achten, dass nur abgesicherte Stromkreise bis 10 oder 20 Ampere gemessen werden – sonst wird das Gerät zerstört. Für Geräte mit nur einer Buchse gilt das Gleiche. Auch diese Anschlussbuchse ist meistens nicht abgesichert und der angegebene Höchstwert darf nicht überschritten werden.

Messen von Spannungen

Bei der Spannungsmessung wird das Multimeter parallel an das zu messende Bauteil angeschlossen. Die Messspitze des schwarzen Messgerätkabels sollte möglichst mit einem Massepunkt im Fahrzeug verbunden werden. Mit der Messspitze des roten Kabels wird das Spannungsversorgungskabel des Bauteils verbunden. Bei der Einstellung des Messbereichs wie oben beschrieben vorgehen. Eine Spannungsmessung sollte einmal ohne Belastung des Stromkreises durchgeführt werden und einmal unter Last (eingeschalteter Verbraucher). So lässt sich sehr schnell feststellen, ob die Spannung unter Last zusammenbricht. Dies deutet dann auf eine „kalte Lötstelle“ oder einen Kabelbruch hin. Ein Beispiel: Der Innenraumlüfter funktioniert nicht. Bei einer Spannungsmessung an der dazugehörigen Sicherung wird ohne Last eine Spannung von 12 Volt gemessen. Nach dem Einschalten des Lüfters bricht die Spannung zusammen. Ursache: Eine kalte Lötstelle im Sicherungskasten, die nach dem Öffnen des Sicherungskastens durch Sichtprüfung erkannt wurde.



Messung mit Adapterkabel



Messung ohne Adapterkabel

Messen von Widerständen

Soll der Widerstand eines Bauteils gemessen werden, muss es zuerst von der Spannungsquelle getrennt werden. Die beiden Prüfkabel werden in die dafür vorgesehenen Buchsen am Messgerät gesteckt, die Prüfspitzen am Bauteil angeschlossen. Ist der ungefähre Widerstand nicht bekannt, wird bei der Einstellung des Messbereichs wie bei der Spannungsmessung verfahren: Es wird der höchste Messbereich eingestellt und stufenweise reduziert, bis eine exakte Anzeige erfolgt.



Messung ohne Adapterkabel

Mit der Widerstandsmessung kann auch ein Kurzschluss zur Masse festgestellt und der Durchgang von Kabeln geprüft werden. Dies trifft für Bauteile und Kabel zu. Um den Durchgang eines Kabels zu messen, wird es vom Bauteil und an der nächst möglichen Steckverbindung getrennt. Die Anschlusskabel des Multimeters werden an die Kabelenden angeschlossen und der Messbereich „Akustische Prüfung“ oder „Kleinster Widerstandsbereich“ eingestellt.



Messung mit Adapterkabel

Ist das Kabel in Ordnung, ertönt ein Piepgeräusch oder die Anzeige zeigt 0 Ohm an. Ist das Kabel unterbrochen, wird ein unendlicher Widerstand angezeigt. Um einen Kurzschluss zur Masse festzustellen, wird vom jeweiligen Ende des Kabels zur Fahrzeugmasse gemessen. Ertönt das Piepgeräusch oder wird ein Widerstand von 0 Ohm angezeigt, ist von einem Kurzschluss auszugehen. Die Prüfung an einem Bauteil, z.B. einem Temperaturfühler, erfolgt auf dieselbe Weise. Das Multimeter wird an den Massepin des Bauteils und an der Fahrzeugmasse oder am Bauteilgehäuse angeschlossen. Die Messbereichseinstellung erfolgt wie oben beschrieben. Der angezeigte Wert muss unendlich sein. Ertönt das Piepgeräusch oder werden 0 Ohm angezeigt, ist von einem internen Kurzschluss im Bauteil auszugehen.

Messen von Strom

Um die Stromaufnahme eines Bauteils zu messen, wird das Multimeter in Reihe geschaltet. Zuerst wird das Kabel zur Spannungsversorgung vom Bauteil abgeklemmt. Dann schließt man die Prüfkabel des Multimeters an die Masse- und Strombuchse des Gerätes, die Messspitzen an das Kabel zur Spannungsversorgung und den Pin zur Spannungsversorgung am Bauteil an. Wichtig ist bei der Strommessung, dass die oben aufgeführten Vorsichtsmaßnahmen eingehalten werden.

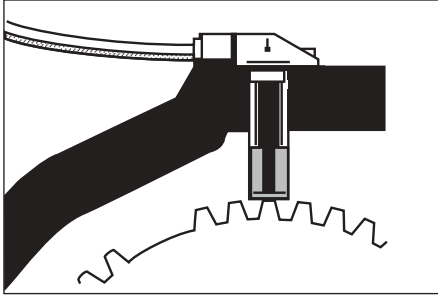


Dies ist ein kleiner Auszug an Möglichkeiten, die das Multimeter bietet. Um alle weiteren Möglichkeiten, die nicht jeden Tag im Werkstattalltag benötigt werden, aufzuzählen, müssten wir viele weitere Seiten schreiben. Zur sicheren Anwendung des Multimeters und der Auswertung der Messergebnisse empfehlen wir den Besuch einer Schulung mit hohem Praxisanteil, zum Beispiel bei Hella.

Allgemeines

Kurbelwellensensoren haben die Aufgabe, die Drehzahl und die Kurbelwellenposition zu ermitteln. Sie werden am häufigsten in der Nähe des Schwungrads an einem Zahnkranz eingebaut. Es gibt zwei Bauarten: Induktivgeber und Hallgeber. Vor einer Kurbelwellensensor-Prüfung muss unbedingt ermittelt werden, um welche Art von Geber es sich handelt.

Funktionsweise



Die Drehbewegung des Zahnkranzes bewirkt Magnetfeldänderungen. Die von den Magnetfeldern erzeugten unterschiedlichen Spannungssignale werden an das Steuergerät geleitet. Aus den Signalen errechnet das Steuergerät Drehzahl und Position der Kurbelwelle, um wichtige Grunddaten für die Einspritzung und Zündverstellung zu erhalten.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei einem Ausfall des Kurbelwellensensors können folgende Fehlersymptome auftreten:

- Aussetzen des Motors
- Motorstillstand
- Abspeichern eines Fehlercodes

Ausfallursachen können sein:

- Innere Kurzschlüsse
- Leitungsunterbrechungen
- Leitungskurzschluss
- Mechanische Beschädigungen des Geberrades
- Verschmutzungen durch Metallabrieb

Fehlersuche

- Auslesen des Fehlerspeichers
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und des Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion prüfen
- Auf Verschmutzung und Beschädigung achten



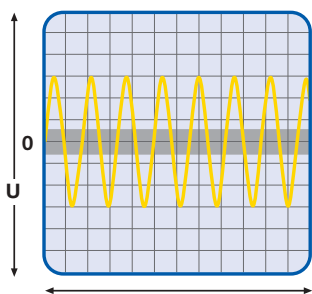
Die direkte Überprüfung des Kurbelwellensensors kann schwierig werden, wenn man nicht die genaue Bauart des Sensors kennt. Vor der Prüfung muss geklärt werden, ob es sich um einen Induktiv- oder Hallgeber handelt. Die beiden lassen sich optisch nicht immer voneinander unterscheiden. Bei einer Steckerpinanzahl von drei lassen sich keine genauen Aussagen über den jeweiligen Typ treffen. Hier helfen die spezifischen Herstellerangaben und die Angaben im Ersatzteilkatalog weiter. Solange die Bauart nicht eindeutig geklärt ist, darf kein Ohmmeter für die Überprüfung benutzt werden. Es könnte einen Hallgeber zerstören!



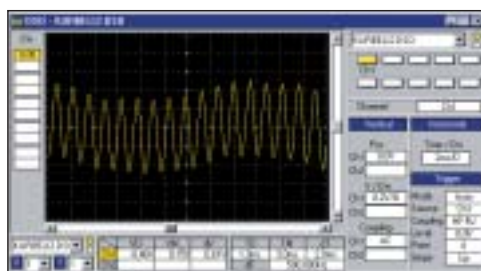
Besitzt der Sensor einen 2-poligen Stecker, handelt es sich vorrangig um einen Induktivgeber. Hier können der Innenwiderstand, ein eventueller Masseschluss und das Signal ermittelt werden. Dazu entfernt man die Steckverbindung und prüft den Innenwiderstand des Sensors. Beträgt der Innenwiderstandswert 200 bis 1.000 Ohm (je nach Sollwert), ist der Sensor in Ordnung. Bei 0 Ohm liegt ein Kurzschluss und bei M Ohm eine Unterbrechung vor. Die Masseschlussprüfung erfolgt mit dem Ohmmeter von einem Anschlusspin zur Fahrzeugmasse. Der Widerstandswert muss gegen unendlich tendieren. Die Überprüfung mit einem Oszilloskop muss ein Sinussignal in ausreichender Stärke ergeben. Bei einem Hallgeber sind lediglich die Signalspannung in Form eines Rechtecksignals und die Versorgungsspannung zu überprüfen. Es muss sich in Abhängigkeit von der Motordrehzahl ein Rechtecksignal ergeben. Es sei noch einmal gesagt: Der Einsatz eines Ohmmeters kann den Hallgeber zerstören.

Montagehinweis

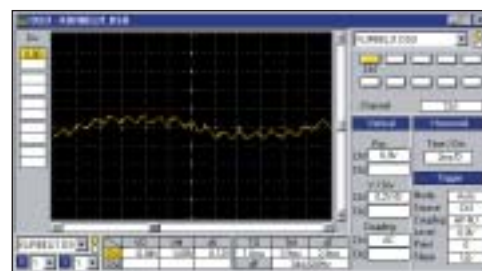
Auf korrekten Abstand zum Geberrad und Sitz des Sensors achten.



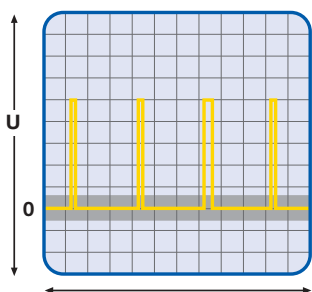
Induktivgeber Optimalbild



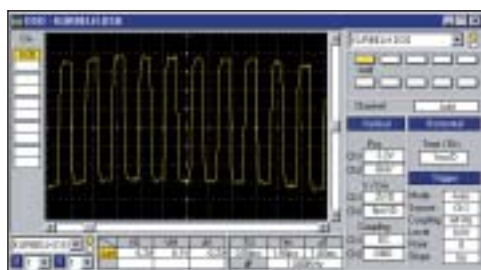
Livebild ok



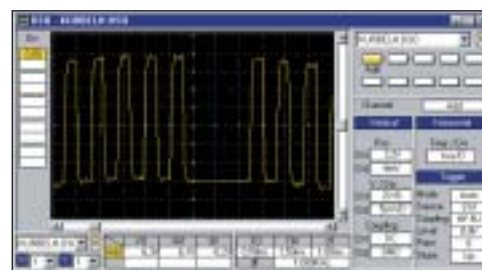
Livebild mit Fehler:
Sensorabstand zu groß



Hallgeber Optimalbild



Livebild ok



Livebild mit Fehler:
fehlende/beschädigte Zähne
am Geberrad

Um das Thema Lambdasonde verständlicher zu machen und um die Prüfung im Werkstattalltag zu vereinfachen, möchten wir in dieser Ausgabe den Aufbau, die Funktion und die verschiedenen Prüfmöglichkeiten der Lambdasonde darstellen.

In der Regel wird die Funktion der Lambdasonde bei der routinemäßigen Abgasuntersuchung geprüft. Da sie aber einem gewissen Verschleiß unterliegt, sollte sie in regelmäßigen Abständen (ca. alle 30.000 km) auf ihre einwandfreie Funktion geprüft werden – z.B. im Rahmen der Inspektionen.

Warum wird eine Lambdasonde benötigt?

Aufgrund verschärfter Gesetze zur Reduzierung der Abgase von Kraftfahrzeugen wurden auch die Techniken zur Abgasnachbehandlung verbessert. Um eine optimale Konvertierungsrate des Katalysators zu gewährleisten, ist eine optimale Verbrennung erforderlich. Diese wird bei einer Gemischzusammensetzung von 14,7 kg Luft zu 1 kg Kraftstoff erreicht (stöchiometrisches Gemisch). Dieses optimale Gemisch wird mit dem griechischen Buchstaben λ (Lambda) bezeichnet. Mit Lambda wird das Luftverhältnis zwischen dem theoretischen Luftbedarf und der tatsächlich zugeführten Luftmenge ausgedrückt:

$$\lambda = \frac{\text{zugeführte Luftmenge}}{\text{theoretische Luftmenge}} = \frac{14,8 \text{ kg}}{14,8 \text{ kg}} = 1$$

Aufbau und Funktion der Lambdasonde

Das Prinzip der Lambdasonde beruht auf einer Sauerstoffvergleichsmessung. Das bedeutet, der Restsauerstoffgehalt des Abgases (ca. 0,3–3%) wird mit dem Sauerstoffgehalt der Umgebungsluft (ca. 20,8%) verglichen. Beträgt der Restsauerstoffgehalt des Abgases 3% (mageres Gemisch), entsteht aufgrund der Differenz zum Sauerstoffgehalt der Umgebungsluft eine Spannung von 0,1 V. Beträgt der Restsauerstoffgehalt weniger als 3% (fettes Gemisch), steigt die SONDENSPIGUNG im Verhältnis der erhöhten Differenz auf 0,9 V an. Der Restsauerstoffgehalt wird mit unterschiedlichen Lambdasonden gemessen.

Messung über die abgegebene SONDENSPIGUNG (Spannungssprung-Sonde)



Diese Sonde besteht aus einer fingerförmigen, innen hohlen Zirkondioxid-Keramik. Die Besonderheit dieses Feststoffelektrolyts liegt darin, dass es ab einer Temperatur von ca. 300 °C für Sauerstoffionen durchlässig ist. Beide Seiten dieser Keramik sind mit einer dünnen, porösen Platinschicht überzogen, die als Elektrode dient. An der Außenseite der Keramik strömt das Abgas vorbei, die Innenseite ist mit Referenzluft gefüllt. Durch die unterschiedliche Sauerstoffkonzentration auf den beiden Seiten kommt es aufgrund der Eigenschaften der Keramik zu einer Sauerstoffionenwanderung, die wiederum eine Spannung erzeugt. Diese Spannung wird als Signal für das Steuergerät genutzt, das je nach Restsauerstoffgehalt der Abgase die Gemischzusammensetzung ändert. Dieser Vorgang – Messen des Restsauerstoffgehalts und Anpassen bzw. Abmessen des Gemisches – wiederholt sich mehrfach in der Sekunde, so dass ein bedarfsgerechtes stöchiometrisches Gemisch ($\lambda = 1$) erzeugt wird.

Messung über den Sondenwiderstand (Widerstandssprung-Sonde)

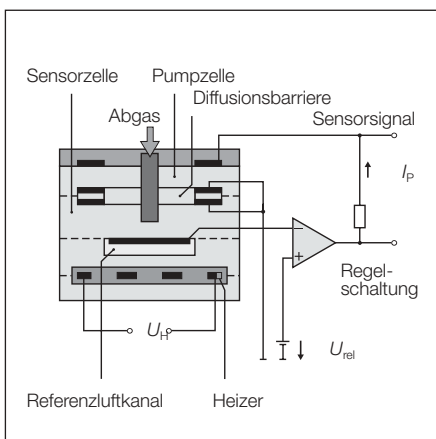


Bei dieser Sondenart wird das Keramikelement aus Titandioxid hergestellt – und zwar in einer Mehrlagen-Dickschichttechnik. Titandioxid hat die Eigenschaft, dass es seinen Widerstand proportional zur Sauerstoffkonzentration im Abgas ändert. Bei hohem Sauerstoffanteil (mageres Gemisch $\lambda > 1$) ist es weniger leitfähig, bei geringem Sauerstoffgehalt (fettes Gemisch $\lambda < 1$) wird es leitfähiger. Diese Sonde benötigt keine Referenzluft, muss aber vom Steuergerät über eine Widerstandskombination mit einer Spannung von 5 V versorgt werden. Über den Spannungsabfall an den Widerständen entsteht das für das Steuergerät benötigte Signal.

Beide Messzellen sind in einem ähnlichen Gehäuse montiert. Ein Schutzrohr verhindert Beschädigungen an den in den Abgasstrom ragenden Messzellen.

Lambdasondenheizung: Die ersten Lambdasonden waren nicht beheizt und mussten deshalb motornah verbaut werden, um möglichst schnell ihre Arbeitstemperatur zu erreichen. Heute werden Lambdasonden mit einer Sondenheizung ausgestattet. Dadurch können die Sonden auch motorfern eingebaut werden. Vorteil: Sie sind nicht mehr der hohen thermischen Belastung ausgesetzt. Durch die Sondenheizung kommen sie innerhalb kürzester Zeit auf Betriebstemperatur, wodurch der Zeitraum, in der die Lambdaeule nicht aktiv ist, sehr kurz gehalten wird. Eine zu starke Abkühlung während des Leerlaufbetriebs, in dem die Abgastemperatur nicht so hoch ist, wird verhindert. Beheizte Lambdasonden haben eine kürzere Reaktionszeit, was sich positiv auf die Regelgeschwindigkeit auswirkt.

Breitbandlambdasonden



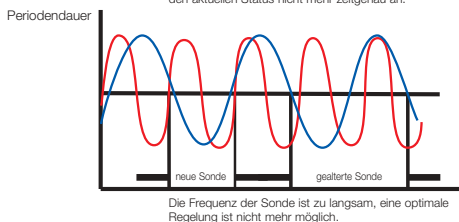
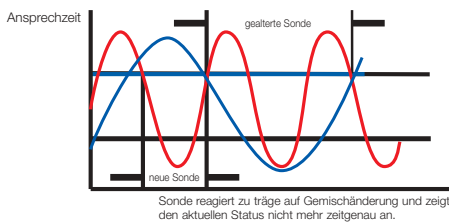
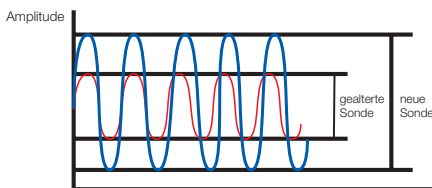
Die Lambdasonde zeigt ein fettes oder mageres Gemisch im Bereich $\lambda = 1$ an. Die Breitbandlambdasonde bietet die Möglichkeit, im mageren ($\lambda > 1$) wie im fetten ($\lambda < 1$) Bereich eine genaue Luftzahl zu messen. Sie liefert ein exaktes elektrisches Signal und kann deshalb beliebige Sollwerte regeln – z.B. bei Dieselmotoren, Ottomotoren mit Magerkonzepten, Gasmotoren und Gasheizthermen. Die Breitbandlambdasonde ist wie eine herkömmliche Sonde mit Referenzluft aufgebaut. Sie besitzt zusätzlich eine zweite elektrochemische Zelle: die Pumpzelle. Durch ein kleines Loch in der Pumpzelle gelangt Abgas in den Messraum, den Diffusionsspalt. Um die Luftzahl λ einzustellen, wird hier die Sauerstoffkonzentration mit der Sauerstoffkonzentration der Referenzluft verglichen. Um für das Steuergerät ein messbares Signal zu bekommen, wird an die Pumpenzelle eine Spannung angelegt. Durch diese Spannung kann der Sauerstoff aus dem Abgas in den Diffusionsspalt hinein oder heraus gepumpt werden. Das Steuergerät regelt die Pumpenspannung so, dass im Diffusionsspalt die Zusammensetzung des Gases konstant bei $\lambda = 1$ liegt. Ist das Gemisch mager, wird durch die Pumpenzelle Sauerstoff nach außen gepumpt. Es ergibt sich ein positiver Pumpenstrom. Ist das Gemisch fett, wird Sauerstoff aus der Referenzluft hinein gepumpt. Es ergibt sich ein negativer Pumpenstrom. Bei $\lambda = 1$ im Diffusionsspalt wird kein Sauerstoff transportiert, der Pumpenstrom ist Null. Dieser Pumpenstrom wird vom Steuergerät ausgewertet und gibt ihm die Luftzahl und somit Informationen über die Gemischzusammensetzung an.

Verwendung mehrerer Lambdasonden

Bei V- und Boxer-Motoren mit zweiflutiger Abgasanlage werden vorwiegend zwei Lambdasonden eingesetzt. Für jede Zylinderbank gibt es somit einen eigenen Regelkreis, mit dem die Gemischzusammensetzung gesteuert werden kann. Aber auch bei Reihenmotoren wird mittlerweile für einzelne Zylinderpartien jeweils eine Lambdasonde verbaut (z.B. für die Zylinder 1–3 und 4–6). Bei großen Zwölfzylindermotoren neuester Technik werden bis zu acht Lambdasonden eingesetzt.

Seit Einführung der EOBD muss auch die Funktion des Katalysators überwacht werden. Dazu wird eine zusätzliche Lambdasonde hinter dem Katalysator installiert. Mit ihr wird die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators ermittelt. Die Funktion der Nachkatsonde ist gleich der Vorkatsonde. Im Steuergerät werden die Amplituden der Lambdasonden verglichen. Durch die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators sind die Spannungsamplituden der Nachkatsonde sehr klein. Sinkt die Speicherfähigkeit des Katalysators, steigen die Spannungsamplituden der Nachkatsonde durch den erhöhten Sauerstoffgehalt an. Die Höhe der Amplituden, die an der Nachkatsonde entstehen, sind abhängig von der momentanen Speicherkapazität des Katalysators, die mit der Last und Drehzahl variieren. Deshalb werden der Lastzustand und die Drehzahl beim Abgleich der Sondenamplituden berücksichtigt. Sind die Spannungsamplituden bei der Sonden trotzdem annähernd gleich, ist das Speichervermögen des Katalysators z.B. durch Alterung erreicht.

Diagnose und Prüfung von Lambdasonde



Fahrzeuge, die mit einer Eigendiagnose ausgestattet sind, können im Regelkreis auftretende Fehler erkennen und im Fehlerspeicher ablegen. Angezeigt wird dies in der Regel durch die Motorkontrollleuchte. Zur Fehlerdiagnose kann dann mit einem Diagnosegerät der Fehlerspeicher ausgelesen werden. Ältere Systeme sind allerdings nicht in der Lage, festzustellen, ob dieser Fehler auf ein defektes Bauteil oder z.B. auf einen Kabeldefekt zurückzuführen ist. In diesem Fall müssen vom Mechaniker weitere Prüfungen vorgenommen werden.

Im Zuge der EOBD wurde die Überwachung der Lambdasonden auf folgende Punkte erweitert: Leitungsschluss, Betriebsbereitschaft, Kurzschluss nach Steuergerät-Masse, Kurzschluss nach Plus, Kabelbruch und die Lambdasonden-Alterung. Um die Lambdasondensignale zu diagnostizieren, verwendet das Steuergerät die Form der Frequenz des Signals. Dazu berechnet das Steuergerät folgende Daten: Den maximal und minimal erkannten Sonden Spannungswert, die Zeit zwischen positiver und negativer Flanke, Lambdaregler-Stellgröße nach fett und mager, Regelschwelle der Lambdaregelung, Sonden Spannung und Periodendauer.

Wie wird die maximale und minimale Sonden Spannung bestimmt?

Beim Starten des Motors werden alle alten Max./Min.-Werte im Steuergerät gelöscht. Während des Fahrbetriebs werden in einem für die Diagnose vorgegebenen Last-/Drehzahlbereich die Minimum- und Maximumwerte gebildet.

Berechnung der Zeit zwischen positiver und negativer Flanke.

Wird die Regelschwelle von der Sonden Spannung überschritten, startet die Zeitmessung zwischen der positiven und negativen Flanke. Wird die Regelschwelle von der Sonden Spannung unterschritten, stoppt die Zeitmessung. Der Zeitraum zwischen Anfang und Ende der Zeitmessung wird von einem Zähler gemessen.

Erkennen einer gealterten oder vergifteten Lambdasonde.

Ist die Sonde stark gealtert oder z.B. durch Kraftstoffzusätze vergiftet, wirkt sich dieses auf das SONDENSIGNAL aus. Das SONDENSIGNAL wird mit einem gespeicherten Signalbild verglichen. Eine langsame Sonde wird z.B. über die Periodendauer des Signals als Fehler erkannt.

Prüfung der Lambdasonde mit Oszilloskop, Multimeter, Lambdasondentester, Abgasmessgerät

Grundsätzlich sollte vor jeder Prüfung eine Sichtprüfung durchgeführt werden, um sicher zu gehen, dass keine Schäden am Kabel oder Stecker vorhanden sind. Die Abgasanlage darf keine Undichtigkeiten aufweisen. Für den Messgeräteanschluss empfiehlt sich ein Adapterkabel. Zu beachten ist auch, dass die Lambdaregelung bei einigen Betriebszuständen nicht aktiv ist, z.B. während des Kaltstarts bis zum Erreichen der Betriebstemperatur und bei Volllast.

Prüfung mit dem Abgastester



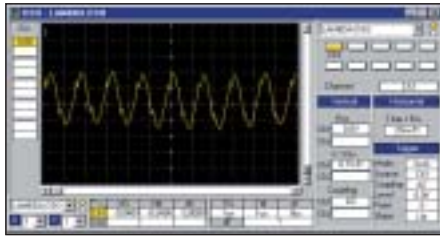
Eine der schnellsten und einfachsten Prüfungen ist die Messung mit einem Viergas-Abgasmessgerät. Die Prüfung wird wie die vorgeschriebene Abgasuntersuchung durchgeführt. Bei betriebswarmem Motor wird durch Abziehen eines Schlauchs als Störgröße Falschluff aufgeschaltet. Durch die sich ändernde Abgaszusammensetzung ändert sich der vom Abgastester errechnete und angezeigte Lambdawert. Ab einem gewissen Wert muss das Gemischaufbereitungssystem dies erkennen und innerhalb einer bestimmten Zeit (wie bei der AU 60 Sekunden) ausregeln. Wird die Störgröße zurückgenommen, muss der Lambdawert auf den ursprünglichen Wert zurückgeregelt werden. Grundsätzlich sollten dazu die Vorgaben zur Störgrößenaufschaltung und die Lambdawerte vom Hersteller beachtet werden. Mit dieser Prüfung kann allerdings nur festgestellt werden, ob die Lambdareglung arbeitet. Eine elektrische Prüfung ist nicht möglich. Bei diesem Verfahren besteht die Gefahr, dass moderne Motormanagementsysteme trotz nicht funktionierender Lambdareglung durch die genaue Lasterfassung das Gemisch so steuern, dass $\lambda = 1$ ist.

Prüfung mit dem Multimeter

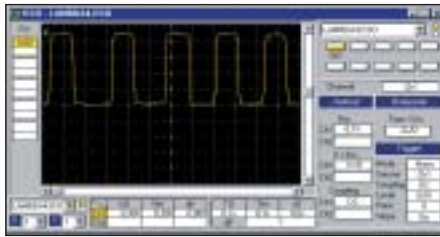


Zur Prüfung sollten nur hochohmige Multimeter mit Digital- oder Analoganzeige eingesetzt werden. Durch Multimeter mit kleinem Innenwiderstand (meistens bei analogen Geräten) wird das Lambdasondensignal zu stark belastet und kann zusammenbrechen. Aufgrund der schnell wechselnden Spannung lässt sich das Signal mit einem analogen Gerät am besten darstellen. Das Multimeter wird parallel an die Signalleitung (schwarzes Kabel, Schaltplan beachten) der Lambdasonde angeschlossen. Der Messbereich des Multimeters wird auf 1 oder 2 Volt eingestellt. Nach dem Starten des Motors erscheint auf der Anzeige ein Wert zwischen 0,4–0,6 Volt (Referenzspannung). Wird die Betriebstemperatur des Motors bzw. der Lambdasonde erreicht, beginnt die feststehende Spannung zwischen 0,1 und 0,9 Volt zu wechseln. Um ein einwandfreies Messergebnis zu erzielen, sollte der Motor auf einer Drehzahl von ca. 2.500 Umdrehungen gehalten werden. Dadurch wird gewährleistet, dass auch bei Systemen mit unbeheizter Lambdasonde die Betriebstemperatur der Sonde erreicht wird. Durch die nicht ausreichende Abgastemperatur im Leerlauf besteht die Gefahr, dass die unbeheizte Sonde abkühlt und kein Signal mehr erzeugt.

Prüfung mit dem Oszilloskop



Oszilloskopbild Spannungssprungs-sonde



Oszilloskopbild Widerstands-sonde

Mit dem Oszilloskop lässt sich das Signal der Lambdasonde am besten darstellen. Grundvoraussetzung ist wie bei der Messung mit dem Multimeter die Betriebswärme von Motor bzw. Lambdasonde. Das Oszilloskop wird an die Signalleitung angeschlossen. Der einzustellende Messbereich ist abhängig vom verwendeten Oszilloskop. Verfügt das Gerät über eine automatische Signalerkennung, sollte sie genutzt werden. Bei der manuellen Einstellung einen Spannungsbereich von 1–5 Volt und eine Zeiteinstellung von 1–2 Sekunden einstellen.

Die Motordrehzahl sollte wieder ca. 2.500 Umdrehungen betragen. Die Wechselspannung erscheint sinusförmig auf dem Display. An diesem Signal können folgende Parameter ausgewertet werden: Die Amplitudenhöhe (maximale und minimale Spannung 0,1–0,9 Volt), die Ansprechzeit und die Periodendauer (Frequenz ca. 0,5–4 Hz, also f_i bis 4 mal pro Sekunde).

Prüfung mit dem Lambdasondentester



Verschiedene Hersteller bieten zur Prüfung spezielle Lambdasondentester an. Mit diesem Gerät wird die Funktion der Lambdasonde über LEDs angezeigt. Der Anschluss erfolgt wie bei Multimeter und Oszilloskop an die Signalleitung der Sonde. Sobald die Sonde die Betriebstemperatur erreicht hat und zu arbeiten beginnt, fangen die LEDs im Wechsel zu leuchten an – je nach Gemischzusammensetzung und Spannungsverlauf (0,1–0,9 Volt) der Sonde. Alle Angaben zur Messgeräteeinstellung für die Spannungsmessung beziehen sich hier auf Zirkondioxidsonden (Spannungssprungs-sonden). Bei Titandioxidsonden ändert sich der einzustellende Spannungsbereich auf 0–10 Volt, die gemessenen Spannungen wechseln zwischen 0,1–5 Volt. Grundsätzlich sind die Herstellerangaben zu beachten. Neben der elektronischen Prüfung kann der Zustand des Schutzrohres des Sonderelements Aufschluss über die Funktionsfähigkeit geben:



Das Schutzrohr ist stark verrußt: Motor läuft mit zu fettem Gemisch. Die Sonde sollte ausgetauscht werden und die Ursache für das zu fette Gemisch beseitigt werden, um ein erneutes Verrußen der Sonde zu vermeiden.



Glänzende Ablagerungen auf dem Schutzrohr: Verwendung von bleihaltigem Kraftstoff. Das Blei zerstört das Sonderelement. Die Sonde muss erneuert und der Katalysator überprüft werden. Bleihaltigen Kraftstoff durch bleifreien Kraftstoff ersetzen.



Helle (weiße oder graue) Ablagerungen auf dem Schutzrohr: Motor verbrennt Öl, zusätzliche Additive im Kraftstoff. Die Sonde muss erneuert und die Ursache für das Verbrennen von Öl beseitigt werden.



Unsachgemäße Montage: Eine unsachgemäße Montage kann die Lambdasonde so beschädigen, dass eine einwandfreie Funktion nicht gewährleistet ist. Bei der Montage muss das vorgeschriebene Spezialwerkzeug benutzt und das Anzugsdrehmoment beachtet werden.

Prüfen der Lambda-sondenheizung

Es können der Innenwiderstand und die Spannungsversorgung des Heizelements geprüft werden. Dazu den Stecker zur Lambdasonde trennen. Lambdasondeseitig mit dem Ohmmeter an den beiden Kabeln für das Heizelement den Widerstand messen. Dieser sollte zwischen 2 und 14 Ohm liegen. Fahrzeugseitig mit dem Voltmeter die Spannungsversorgung messen. Es muss eine Spannung von >10,5 Volt (Bordspannung) anliegen.

Verschiedene Anschlussmöglichkeiten und Kabelfarben

Unbeheizte Sonden

Anzahl der Kabel	Kabelfarbe	Anschluss
1	Schwarz	Signal (Masse über Gehäuse)
2	Schwarz	Signal Masse

Beheizte Sonden

Anzahl der Kabel	Kabelfarbe	Anschluss
3	Schwarz 2 x Weiß	Signal (Masse über Gehäuse) Heizelement
4	Schwarz 2 x Weiß Grau	Signal Heizelement Masse

Titandioxidsonden

Anzahl der Kabel	Kabelfarbe	Anschluss
4	Rot Weiß Schwarz Gelb	Heizelement (+) Heizelement (-) Signal (-) Signal (+)
4	Grau Weiß Schwarz Gelb	Heizelement (+) Heizelement (-) Signal (-) Signal (+)

(Herstellerspezifische Angaben müssen beachtet werden.)

Es gibt eine Reihe von typischen Defekten an Lambdasonden, die sehr häufig auftreten. Die folgende Auflistung zeigt, durch welche Ursache diagnostizierte Fehler entstanden sind:

Diagnostizierter Fehler	Ursache
Schutzrohr bzw. Sondenkörper durch Ölrückstände zugesetzt	Unverbranntes Öl ist in die Abgasanlage gelangt, z. B. durch defekte Kolbenringe oder Ventilschaftdichtungen
Falschlufansaugung, fehlende Referenzluft	Sonde falsch montiert, Referenzluftöffnung verstopft
Schäden durch Überhitzung	Temperaturen über 950 °C durch falschen Zündzeitpunkt bzw. Ventilspiel
Schlechte Verbindung an den Steckkontakten	Oxidation
Unterbrochene Kabelverbindungen	Schlecht verlegte Kabel, Scheuerstellen, Marderverbiss
Fehlende Masseverbindung	Oxidation, Korrosion an der Abgasanlage
Mechanische Beschädigungen	Zu hohes Anzugsdrehmoment
Chemische Alterung	Sehr häufig Kurzstrecken
Bleiablagerungen	Verwendung von verbleitem Kraftstoff

Wird eine Lambdasonde erneuert, sollte bei der Montage der neuen Sonde Folgendes beachtet werden:

- Verwenden Sie zur Demontage und Montage nur ein dafür vorgesehenes Werkzeug.
- Prüfen Sie das Gewinde in der Abgasanlage auf Beschädigungen.
- Benutzen Sie nur das mitgelieferte oder speziell für Lambdasonden vorgesehene Fett.
- Vermeiden Sie es, das Sonden-Messelement mit Wasser, Öl, Fett, Reinigungs- und Rostlösemitteln in Kontakt zu bringen.
- Beachten Sie das Anzugsdrehmoment bei M18x1,5 Gewinden von 40–52 Nm.
- Achten Sie bei der Verlegung des Anschlusskabels darauf, dass dieses nicht mit heißen oder beweglichen Gegenständen in Berührung kommt und nicht über scharfe Kanten verlegt wird.
- Verlegen Sie das Anschlusskabel der neuen Lambdasonde möglichst nach dem Muster der original montierten Sonde.
- Achten Sie auf genügend Spielraum des Anschlusskabels, damit es durch Schwingungen und Bewegungen der Abgasanlage nicht abreißt.
- Weisen Sie Ihren Kunden darauf hin, dass er keine auf Metall basierende Additive oder bleihaltigen Kraftstoff verwendet.
- Verwenden Sie keine auf den Boden gefallene oder beschädigte Lambdasonde.

Allgemeines

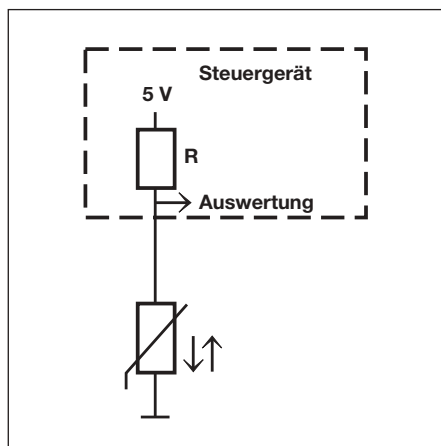
Der Ansauglufttemperatursensor ermittelt die im Saugrohr herrschende Temperatur und leitet die aus der einwirkenden Temperatur entstandenen Spannungssignale an das Steuergerät. Dieses wertet die Signale aus und beeinflusst die Gemischbildung und den Zündwinkel.

Funktion



Abhängig von der Ansauglufttemperatur verändert sich der Widerstand des Temperaturfühlers. Bei steigender Temperatur verkleinert sich der Widerstand – dadurch sinkt die Spannung am Sensor. Das Steuergerät bewertet diese Spannungswerte, da sie im direkten Verhältnis zur Ansauglufttemperatur stehen (niedrige Temperaturen ergeben hohe und hohe Temperaturen niedrige Spannungswerte am Sensor).

Auswirkungen bei Ausfall



Ein defekter Ansauglufttemperatursensor kann sich durch die Fehlererkennung des Steuergerätes und der hieraus resultierenden Notlaufstrategie unterschiedlich bemerkbar machen.

Häufige Fehlersymptome sind:

- Abspeichern eines Fehlercodes und eventuelles Aufleuchten der Motorkontrollleuchte
- Startprobleme
- Geringere Motorleistung
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch

Ausfallursachen sind auf verschiedene Gründe zurückzuführen:

- Innere Kurzschlüsse
- Leitungsunterbrechungen
- Leitungskurzschluss
- Mechanische Beschädigungen
- Sensorspitze verschmutzt

Fehlersuche

- Auslesen des Fehlerspeichers
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und des Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion prüfen

Die Überprüfung erfolgt mit dem Multimeter



1. Prüfschritt

Es wird der Innenwiderstand des Sensors ermittelt. Der Widerstand ist temperaturabhängig: bei kaltem Motor hochohmig und im warmen Zustand niederohmig.

Je nach Hersteller:

25 °C 2,0 – 5,0 KOhm

80 °C 300 – 700 Ohm

Beachten Sie spezielle Sollwertangaben.

2. Prüfschritt

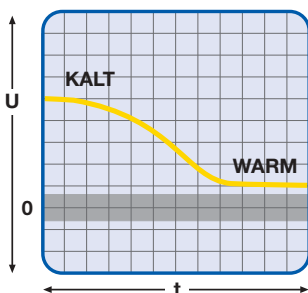
Die Verkabelung zum Steuergerät prüfen, indem jede einzelne Leitung zum Steuergerätestecker auf Durchgang und Massechluss geprüft wird.

1. Ohmmeter zwischen Temperaturfühlerstecker und abgezogenem Steuergerätestecker anschließen. Sollwert: ca. 0 Ohm (Schaltplan erforderlich für Pin-Belegung Steuergerät).
2. Jeweiligen Pin am Sensorstecker mit Ohmmeter und abgezogenem Steuergerätestecker gegen Masse prüfen. Sollwert: >30 MOhm.

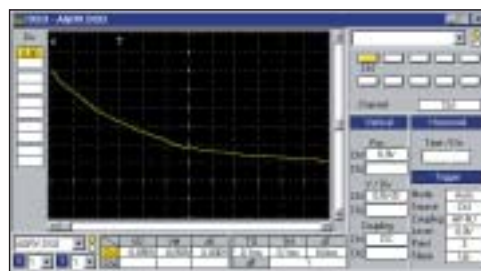
3. Prüfschritt

Mit dem Voltmeter am abgezogenen Sensorstecker die Versorgungsspannung prüfen. Dies erfolgt bei aufgestecktem Steuergerät und eingeschalteter Zündung. Sollwert: ca. 5 V.

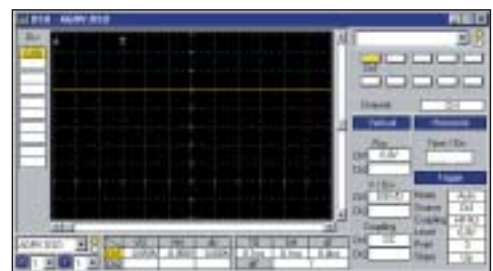
Wenn der Spannungswert nicht erreicht wird, ist die Spannungsversorgung des Steuergerätes einschließlich der Masseversorgung nach Schaltplan zu prüfen. Ist diese in Ordnung, kommt ein Steuergerätedefekt in Betracht.



Temperaturfühler
Optimalbild



Livebild Temperaturfühler ok



Livebild Temperaturfühler mit Fehler:
Spannung bleibt trotz Temperatur-
veränderung gleich

Allgemeines

Der Kühlwassertemperatursensor dient dem Gemischaufbereitungssystem zur Erfassung der Betriebstemperatur des Motors. Das Steuergerät passt in Abhängigkeit der Sensorinformation die Einspritzzeit und den Zündwinkel an die Betriebsbedingungen an. Der Sensor ist ein Temperaturfühler mit negativem Temperaturkoeffizient: Bei steigender Temperatur verringert sich der Innenwiderstand.

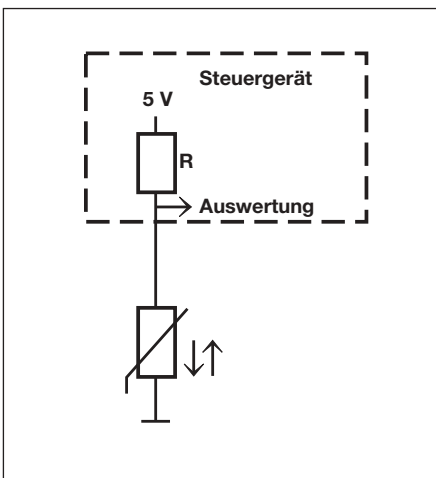
Funktion



Abhängig von der Kühlmitteltemperatur verändert sich der Widerstand des Temperaturfühlers. Bei steigender Temperatur verkleinert sich der Widerstand und es sinkt dadurch die Spannung am Sensor. Das Steuergerät bewertet diese Spannungswerte, da sie im direkten Verhältnis zur Kühlmitteltemperatur stehen (niedrige Temperaturen ergeben hohe und hohe Temperaturen niedrige Spannungswerte am Sensor).

Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Kühlmitteltemperaturfühler kann sich durch die Fehlererkennung des Steuergerätes und der hieraus resultierenden Notlaufstrategie unterschiedlich bemerkbar machen.



Häufige Fehlersymptome sind:

- Erhöhte Leerlaufdrehzahl
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch
- Schlechtes Startverhalten

Hinzu kommen eventuelle Probleme beim AU-Prüfzyklus durch erhöhte CO-Werte bzw. Aussetzen der Lambdaregelung.

Im Fehlerspeicher des Steuergerätes können folgende Einträge abgespeichert sein:

- Masseschluss in der Verkabelung oder Kurzschluss im Sensor
- Plusschluss oder Leitungsunterbrechung
- Unplausible Signalveränderungen (Signalsprung)
- Motor erreicht nicht die Mindestkühlmitteltemperatur

Der letzte Fehlercode kann auch bei einem defekten Kühlmittelthermostat auftreten.

Fehlersuche

- Auslesen des Fehlerspeichers
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und des Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion prüfen.

Die Überprüfung erfolgt mit dem Multimeter



1. Prüfschritt

Es wird der Innenwiderstand des Sensors ermittelt. Der Widerstand ist temperaturabhängig, bei kaltem Motor hochohmig und in warmem Zustand niederohmig.

Je nach Hersteller:

25 °C 2,0 – 6 KOhm

80 °C ca. 300 Ohm

Beachten Sie spezielle Sollwertangaben.



2. Prüfschritt

Die Verkabelung zum Steuergerät prüfen, indem jede einzelne Leitung zum Steuergerätestecker auf Durchgang und Masseschluss geprüft wird.

1. Ohmmeter zwischen Temperaturfühlerstecker und abgezogenem Steuergerätestecker anschließen. Sollwert: ca. 0 Ohm (Schaltplan erforderlich für Pin-Belegung Steuergerät).
2. Jeweiligen Pin am Sensorstecker mit Ohmmeter und abgezogenem Steuergerätestecker gegen Masse prüfen. Sollwert: >30 MOhm.



3. Prüfschritt

Mit dem Voltmeter am abgezogenen Sensorstecker die Versorgungsspannung prüfen. Dies erfolgt bei aufgestecktem Steuergerät und eingeschalteter Zündung. Sollwert ca. 5 V.

Wenn der Spannungswert nicht erreicht wird, dann die Spannungsversorgung des Steuergerätes einschließlich der Masseversorgung nach Schaltplan prüfen.

Allgemeines

Getriebesensoren erfassen die Getriebedrehzahl. Diese wird vom Steuergerät zur Regulierung des Schaltdrucks bei Schaltübergängen benötigt und zur Entscheidung, zu welchem Zeitpunkt welcher Gang eingelegt werden muss.

Funktion



Bauartbedingt gibt es zwei Arten von Getriebesensoren: Hallgeber und Induktivgeber.

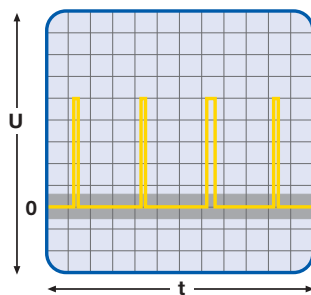
Die Drehbewegung des Zahnkranzes bewirkt eine Magnetfeldänderung die die Spannung ändert. Diese Spannungssignale leitet der Getriebesensor an das Steuergerät.

Auswirkungen bei Ausfall



Ein defekter Getriebesensor kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Ausfall der Getriebesteuerung, Steuergerät schaltet in ein Notlaufprogramm
- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte

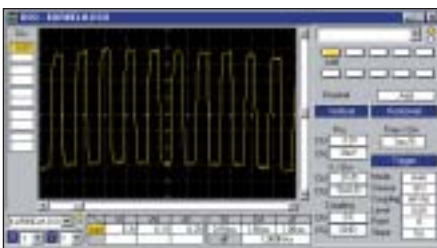


Ausfallursachen können sein:

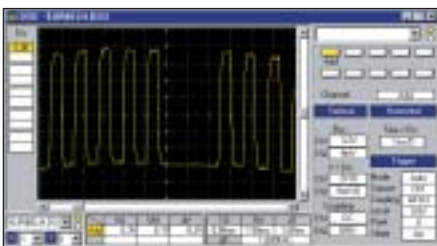
- Innere Kurzschlüsse
- Leitungsunterbrechungen
- Leitungskurzschlüsse
- Mechanische Beschädigungen des Geberrades
- Verschmutzungen durch Metallabrieb

Hallgeber Optimalbild

Fehlersuche



Livebild Hallgeber ok



Livebild Hallgeber mit Fehler: fehlende Zähne am Geberrad

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

1. Sensor auf Verschmutzung prüfen
2. Geberrad auf Beschädigung prüfen
3. Auslesen des Fehlerspeichers
4. Widerstandsmessung des Induktivgebers mit dem Ohmmeter, Sollwert bei 80 °C ca. 1000 Ohm.
5. Versorgungsspannung des Hallgebers mit dem Voltmeter prüfen (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich).
Achtung: Keine Widerstandsmessung am Hallgeber durchführen, da diese den Sensor zerstören könnte.
6. Anschlussleitungen des Sensors zwischen Steuergerät- und Sensorstecker auf Durchgang prüfen (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Sollwert: 0 Ohm.
7. Anschlussleitungen des Sensors auf Masseschluss prüfen, bei abgezogenem Steuergerätstecker am Sensorstecker mit dem Ohmmeter gegen Fahrzeugmasse messen. Sollwert: >30 MOhm.

Allgemeines

Raddrehzahlsensoren befinden sich in der Nähe von Radnaben oder Ausgleichgetrieben und dienen zur Ermittlung der Radumfanggeschwindigkeit. Sie kommen in ABS-, ASR- und GPS-Systemen zum Einsatz. In der Kombination der Systeme stellt das Antiblockiersystem die ermittelten Radumfanggeschwindigkeiten über Datenleitungen den anderen Systemen zur Verfügung. Es gibt Hall- und Induktivgeber. Vor der Prüfung muss sichergestellt werden um welche Ausführung es sich handelt (Technische Daten, Teilekatalog).

Funktion

Durch die Drehbewegung des an den Antriebswellen montierten Sensorrings werden Magnetfeldänderungen im Sensor hervorgerufen. Die daraus entstehenden Signale werden an das Steuergerät geleitet und ausgewertet. Dieses ermittelt beim ABS-System die Radumfanggeschwindigkeit, aus der der Radschlupf ermittelt wird. Hierdurch wird eine optimale Bremswirkung ohne Blockieren der Räder erreicht.

Auswirkungen bei Ausfall



Bei Ausfall einer der Raddrehzahlsensoren sind folgende Systemmerkmale erkennbar:

- Aufleuchten der Fehlerlampe
- Abspeichern eines Fehlercodes
- Blockieren der Räder beim Abbremsen
- Ausfall weiterer Systeme



Ausfallursachen sind auf verschiedene Gründe zurückzuführen:

- Innere Kurzschlüsse
- Leitungsunterbrechungen
- Leitungskurzschluss
- Mechanische Beschädigungen des Geberrades
- Verschmutzungen
- Erhöhtes Radlagerspiel

Fehlersuche

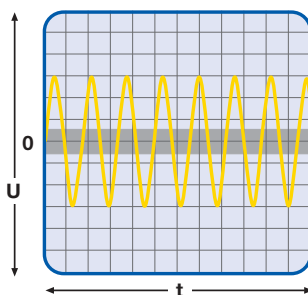
- Auslesen des Fehlerspeichers
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und des Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion prüfen.
- Auf Verschmutzungen und Beschädigungen achten

Die Fehlersuche bei Raddrehzahlsensoren gestaltet sich hinsichtlich der Unterscheidung zwischen Hall- und Induktivgeber als schwierig, da diese sich optisch nicht immer voneinander unterscheiden lassen. Bei einer Steckerpinanzahl von drei lassen sich keine genauen Aussagen über den jeweiligen Typ treffen. Hier sind die spezifischen Herstellerangaben und die Angaben im Ersatzteilkatalog hinzuzuziehen.

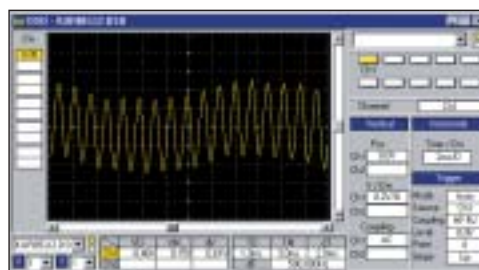
Solange die Bauart nicht eindeutig identifiziert ist, muss auf ein Ohmmeter bei der Überprüfung verzichtet werden, da dieses einen Hallgeber zerstören könnte. Sind die Sensoren mit einem 2-poligen Stecker ausgerüstet, handelt es sich vorrangig um einen Induktivgeber. Hier können der Innenwiderstand, ein eventueller Masseschluss und das Signal ermittelt werden. Dazu die Steckverbindung trennen und mit einem Ohmmeter den Innenwiderstand des Sensors prüfen. Beträgt der Innenwiderstandswert 800 bis 1200 Ohm (je nach Sollwert), ist der Sensor in Ordnung. Bei 0 Ohm liegt ein Kurzschluss und bei MOhm eine Unterbrechung vor. Die Masseschlussprüfung erfolgt mit dem Ohmmeter von einem Anschlusspin zur Fahrzeugmasse. Der Widerstandswert muss gegen unendlich tendieren. Die Überprüfung mit einem Oszilloskop muss ein Sinussignal in ausreichender Stärke ergeben. Bei einem Hallgeber sind lediglich die Signalspannung in Form eines Rechtecksignals und die Versorgungsspannung zu überprüfen. Es muss sich in Abhängigkeit der Radumfangsgeschwindigkeit ein Rechtecksignal ergeben. Der Einsatz eines Ohmmeters kann den Hallgeber zerstören.

Montagehinweis

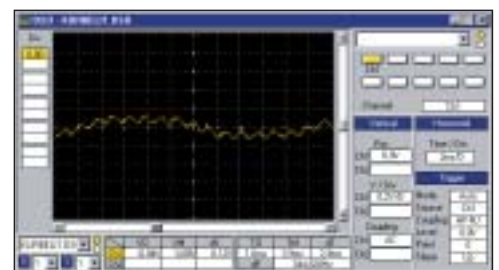
Auf korrekten Abstand zum Geberrad und Sitz des Sensors achten.



Induktivgeber
Optimalbild



Livebild Induktivgeber ok



Livebild Induktivgeber mit Fehler:
Sensorabstand zu groß

Allgemeines

Der Klopfsensor befindet sich an der Außenseite des Motorblocks. Er soll bei allen Betriebszuständen des Motors Klopfgeräusche erfassen, um Motorschäden zu vermeiden.

Funktion



Der Klopfsensor „hört“ die Körperschallschwingungen vom Motorblock ab und wandelt diese in elektrische Spannungssignale um. Diese werden im Steuergerät gefiltert und ausgewertet. Das Klopfsignal wird dem jeweiligen Zylinder zugeordnet. Beim Auftreten von Klopfen wird das Zündsignal für den jeweiligen Zylinder so weit in Richtung „spät“ verstellt, bis keine klopfende Verbrennung mehr auftritt.

Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Sensor kann sich durch die Fehlererkennung des Steuergerätes und der hieraus resultierenden Notlaufstrategie unterschiedlich bemerkbar machen.

Häufige Fehlersymptome sind:

- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte
- Abspeichern eines Fehlercodes
- Geringere Motorleistung
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch

Ausfallursachen sind auf verschiedene Gründe zurückzuführen:

- Innere Kurzschlüsse
- Leitungsunterbrechungen
- Leitungskurzschluss
- Mechanische Beschädigungen
- Fehlerhafte Befestigung
- Korrosion

Fehlersuche

- Auslesen des Fehlerspeichers
- Korrekten Sitz und Anzugsdrehmoment des Sensors prüfen
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion überprüfen.
- Überprüfen des Zündzeitpunkts (ältere Fahrzeuge)

Prüfung mit dem Multimeter

Die Verkabelung zum Steuergerät prüfen, indem jede einzelne Leitung zum Steuergerätestecker auf Durchgang und Masseschluss geprüft wird.



Bild 1

1. Ohmmeter zwischen Klopfsensorstecker und abgezogenen Steuergerätestecker anschließen. Sollwert: <1 Ohm (Bild 1) (Schaltplan für die Pin-Belegung des Steuergerätes erforderlich).

2. Jeweiligen Pin am Kabelbaumstecker mit Ohmmeter und abgezogenem Steuergerätestecker gegen Masse prüfen. Sollwert: mindestens 30 MOhm.

Achtung: Ein Anschlusspin kann als Abschirmung dienen und somit einen Durchgang zur Masse aufweisen.

Prüfung mit dem Oszilloskop bei warmem Motor

1. Die Prüfsonden des Oszilloskops zwischen Steuergerätepin für den Klopfsensor und Masse anschließen.

2. Drosselklappe kurz aufstoßen. Das Oszillogramm muss ein Signal mit beträchtlicher Amplitudenvergrößerung ergeben (Bild 2).

3. Sollte das Signal nicht eindeutig sein, so klopfen Sie in der Nähe des Sensors leicht gegen den Motorblock.

4. Wird das Signal immer noch nicht erkannt, deutet dies auf einen fehlerhaften Sensor oder Schaltkreis hin.

Montagehinweis

Anzugsdrehmoment bei der Montage beachten. Keine Federringe oder Unterlegscheiben verwenden.

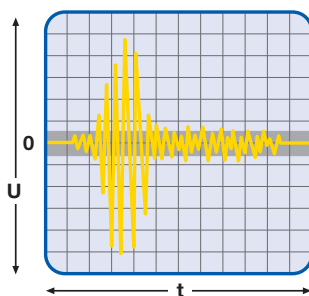
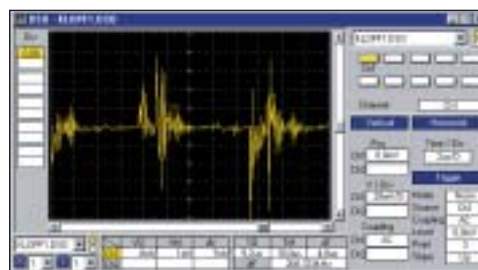
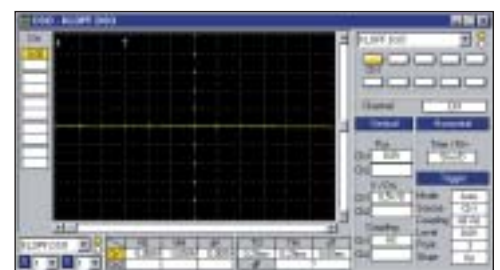


Bild 2: Klopfsensor
Optimalbild



Livebild Klopfsensor ok



Livebild Klopfsensor mit Fehler

Allgemeines

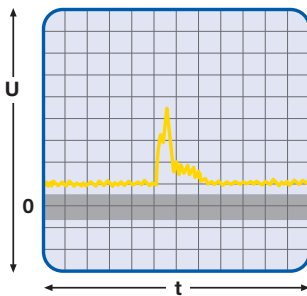
Der Luftmassensensor dient zur Ermittlung der angesaugten Luftmasse. Er besteht aus einem rohrförmigen Gehäuse mit Strömungsgleichrichter, Sensorenschutz und außen angeschraubtem Sensormodul. Er wird in das Ansaugrohr zwischen Luftfiltergehäuse und Ansaugkrümmer montiert.

Funktion



In den Luftstrom werden zwei temperaturabhängige Metallfilmwiderstände, die auf einer Glasmembran angebracht sind, angeordnet. Der erste Widerstand (RT) ist ein Temperaturfühler und misst die Lufttemperatur. Der zweite Widerstand (RS) dient zur Erfassung des Luftdurchsatzes. Je nach angesaugter Luftmenge kühlt sich der Widerstand RS mehr oder weniger stark ab. Um den konstanten Temperaturunterschied zwischen den Widerständen RT und RS wieder auszugleichen, muss der Stromfluss durch den Widerstand RS von der Elektronik dynamisch geregelt werden. Dieser Heizstrom dient als Messgröße für die jeweilige Luftmasse, die vom Motor angesaugt wird. Dieser Messwert wird vom Motormanagement-Steuergerät zur Berechnung der erforderlichen Kraftstoffmenge benötigt.

Auswirkungen bei Ausfall



Luftmassensensor Optimalbild

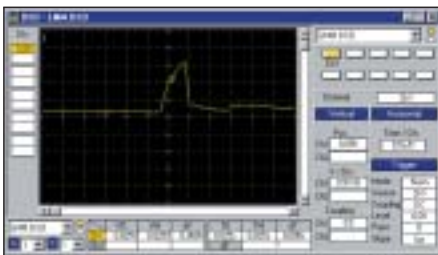
Ein ausgefallener Luftmassensensor kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Es kommt zum Motorstillstand oder das Motormanagement-Steuergerät arbeitet in einem Notlaufprogramm weiter
- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte

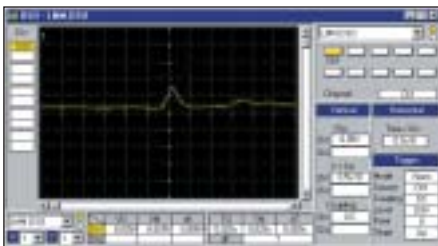
Ursachen für den Ausfall des Luftmassensensor können sein:

- Kontaktfehler an den elektrischen Anschlüssen
- Beschädigte Messelemente
- Mechanische Beschädigungen (Schwingungen, Unfall)
- Drift der Messelemente (Verlassen des Messrahmens)

Fehlersuche



Livebild Luftmassensensor ok



Livebild Luftmassensensor mit Fehler

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

- Steckanschluss auf korrekten Sitz und richtigen Kontakt prüfen
- Luftmassensensor auf Beschädigung prüfen
- Messelemente auf Beschädigung prüfen
- Spannungsversorgung prüfen, bei eingeschalteter Zündung (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Sollwert: 7,5 – 14 V.
- Ausgangsspannung prüfen bei laufendem Motor (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Sollwert: 0 – 5 V.
- Verbindungsleitungen zwischen abgezogenem Steuergerätestecker und Sensorstecker auf Durchgang prüfen (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Sollwert: ca. 0 Ohm.
- Elektronische Prüfung des Luftmassensensors durch das Motormanagement-Steuergerät. Beim Auftreten eines Fehlers wird ein Fehlercode im Steuergerät abgelegt, der mit einem Diagnosegerät ausgelesen werden kann.

Allgemeines

Nockenwellensensoren haben die Aufgabe, in Koordination mit dem Kurbelwellensensor den ersten Zylinder genau zu definieren. Diese Information wird dreifach benötigt:

1. für den Einspritzbeginn bei der sequentiellen Einspritzung,
2. für das Ansteuerungssignal des Magnetventils beim Pumpe-Düse-Einspritzsystem und
3. für die zylinderselktive Klopfregelung.

Funktion



Der Nockenwellensensor arbeitet nach dem Hall-Prinzip. Er tastet einen Zahnkranz ab, der sich auf der Nockenwelle befindet. Durch die Rotation des Zahnkranzes ändert sich die Hall-Spannung des im Sensorkopf befindlichen Hall-IC. Diese sich ändernde Spannung wird an das Steuergerät geleitet und dort ausgewertet, um die erforderlichen Daten festzustellen.

Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Nockenwellensensor kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte
- Abspeichern eines Fehlercodes
- Steuergerät arbeitet im Notlaufprogramm

Ursache für den Ausfall des Nockenwellensensors können sein:

- Mechanische Beschädigungen
- Bruch des Geberrades
- Interne Kurzschlüsse
- Verbindungsunterbrechung zum Steuergerät

Fehlersuche

- Sensor auf Beschädigung prüfen
 - Auslesen des Fehlerspeichers
 - Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und des Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion prüfen
1. Überprüfung der Anschlussleitung vom Steuergerät zum Sensor mit dem Ohmmeter. Stecker von Steuergerät und Sensor abziehen, die einzelnen Leitungen auf Durchgang prüfen. Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich. Sollwert: ca. 0 Ohm.
 2. Anschlussleitungen auf Masseschluss prüfen. Messung zwischen Sensorstecker und Fahrzeugmasse, Steuergerätestecker abgezogen. Sollwert: >30 MOhm.
 3. Versorgungsspannung vom Steuergerät zum Sensor prüfen. Steuergerätestecker aufstecken, Zündung einschalten. Sollwert: ca. 5 V (Herstellerangaben beachten).
 4. Prüfung der Signalspannung. Messkabel vom Oszilloskop anschließen und Motor starten. Auf dem Oszilloskop muss ein Rechtecksignal zu sehen sein (Bild 1).

Montagehinweis

Es ist auf den korrekten Abstand zum Geberrad und auf den richtigen Dichtungssitz zu achten.

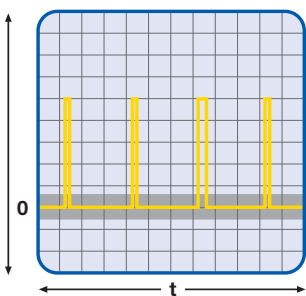
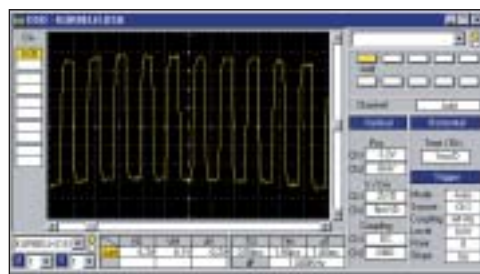
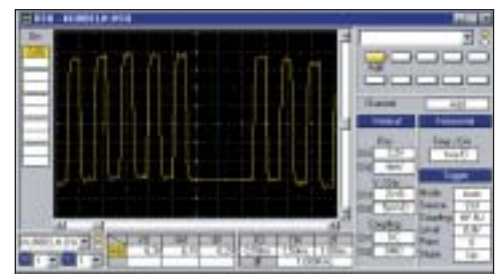


Bild 1: Hallgeber
Optimalbild



Livebild Hallgeber ok

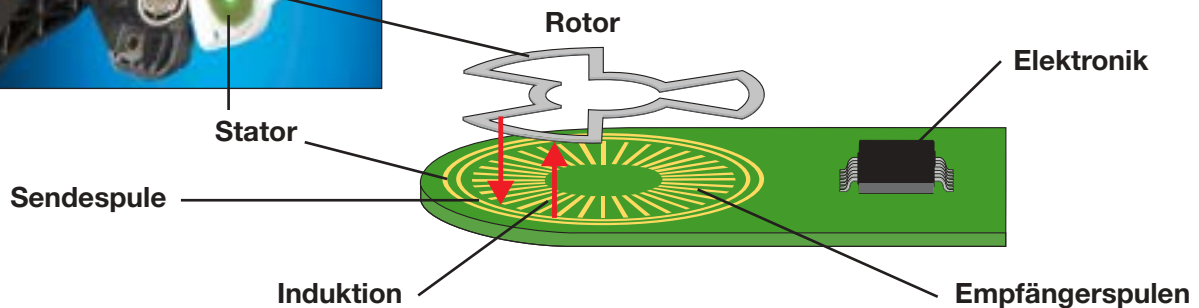
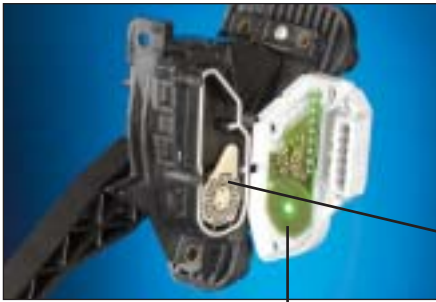


Livebild Hallgeber mit Fehler:
beschädigte Zähne am Geberrad

Allgemeines

Bei modernen Fahrzeugen wird der Anteil an elektronischen Bauteilen immer größer. Gründe dafür sind unter anderem die gesetzlichen Bestimmungen, z.B. im Bereich der Emissions- und Verbrauchsreduzierung. Auch zur Steigerung der aktiven und passiven Sicherheit sowie des Fahrkomforts sind elektronische Komponenten immer mehr auf dem Vormarsch. Zu den wichtigsten Komponenten gehört der Fahrpedalsensor.

Aufbau



Für die Anwendung im Automobil kommt immer mehr ein berührungsloser Sensor zum Einsatz, der auf einem induktiven Prinzip basiert. Dieser Sensor besteht aus einem Stator, der eine Erregerspule, Empfangsspulen sowie eine Elektronik zur Auswertung umfasst (siehe Abbildung), und einem Rotor, der aus einer oder mehreren geschlossenen Leiterschleifen mit einer bestimmten Geometrie gebildet wird.

Funktion

Durch Anlegen einer Wechselspannung an die Sendespule wird ein Magnetfeld erzeugt, das in den Empfangsspulen Spannungen induziert. In den Leiterschleifen des Rotors wird ebenfalls ein Strom induziert, der das Magnetfeld der Empfangsspulen beeinflusst. In Abhängigkeit von der Stellung des Rotors zu den Empfangsspulen im Stator werden Spannungsamplituden erzeugt. Diese werden in einer Auswertelektronik bearbeitet und anschließend in Form einer Gleichspannung zum Steuergerät gesendet. Dieses wertet das Signal aus und gibt den entsprechenden Impuls z.B. an den Drosselklappensteller weiter. Die Charakteristik des Spannungssignals ist abhängig von der Betätigungsweise des Fahrpedals.

Auswirkungen bei Ausfall

Beim Ausfall vom Fahrpedalsensor kann es zu folgenden Fehlersymptomen kommen:

- Motor zeigt nur noch einen erhöhten Leerlauf
- Fahrzeug reagiert nicht auf Fahrpedalbewegungen
- Fahrzeug geht in den „Notlauf“ über
- Motorkontrolllampe im Cockpit leuchtet auf

Ein Ausfall kann verschiedene Ursachen haben:

- Beschädigte Leitungen oder Anschlüsse am Fahrpedalsensor
- Fehlende Spannungs- und Masseversorgung
- Defekte Auswertelektronik im Sensor

Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

- Fehlercode auslesen
- Sichtprüfung des Fahrpedalsensors auf mechanische Beschädigungen
- Sichtprüfung der relevanten elektrischen Anschlüsse und Leitungen auf richtigen Sitz und eventuelle Beschädigungen
- Prüfen des Sensors mit Hilfe von Oszilloskop und Multimeter

Am Beispiel einer MB A-Klasse (168) 1,7 sind folgende Prüfschritte, technische Daten und Abbildungen aufgeführt, die die Fehlersuche erläutern sollen.

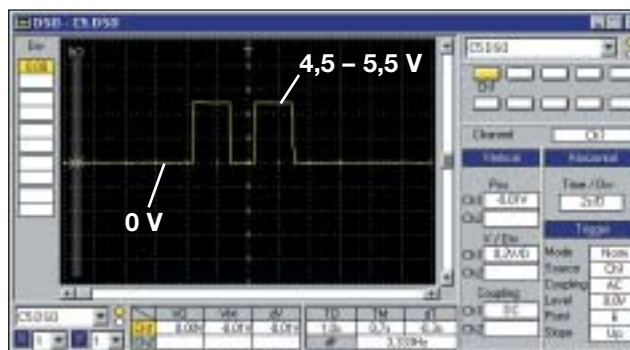
Technische Daten: Steckerbelegung/Kabelfarben

Steuergerät-Pin	Signal	Prüfbedingungen	Richtwert
C5 blau-gelb	⇒	Fahrtstrom aus	0 V
C5	⇒	Fahrtstrom ein	4,5 – 5,5 V
C8 violett-gelb	⊥	Fahrtstrom ein	0 V
C blau-grau	←	Fahrtstrom ein Fahrpedal freigegeben	0,15 V
C9	←	Fahrtstrom ein Fahrpedal getreten	2,3 V
C10 violett-grün	←	Fahrtstrom ein Fahrpedal freigegeben	0,23 V
C10	←	Fahrtstrom ein Fahrpedal getreten	4,66 V
C23 braun-weiß	⊥	Fahrtstrom ein	0 V

⇒ Ausgangssignal ← Eingangssignal ⊥ Steuergerät Masse

Signalaufnahme vom Pin C5:

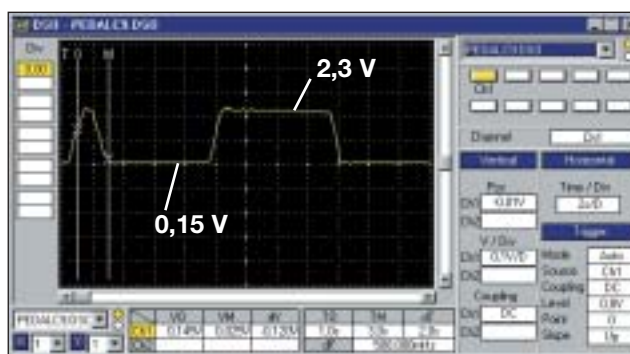
Bei dieser Messung wird die Spannungsversorgung des Sensors überprüft. Zündung ein/aus.



Signalaufnahme vom Pin C9:

Zündung ein, Pedal treten und wieder loslassen.

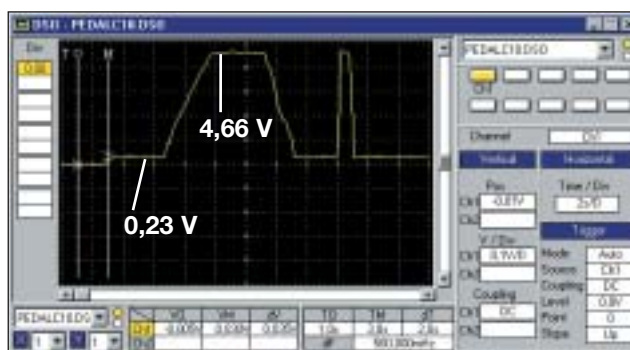
Der Anstieg und Abfall des Signals ist abhängig von der Geschwindigkeit, mit der das Pedal getreten und wieder losgelassen wird.



Signalaufnahme vom Pin C10:

Zündung ein, Pedal treten und wieder loslassen.

Der Anstieg und Abfall des Signals ist abhängig von der Geschwindigkeit, mit der das Pedal getreten und wieder losgelassen wird.



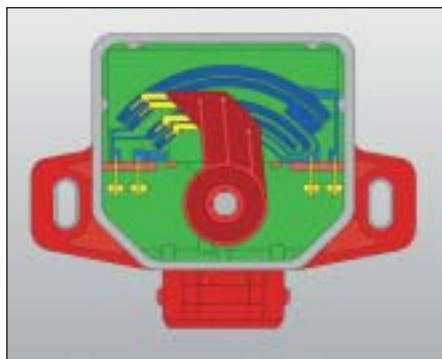
Empfehlung:

Die Messungen sollten von zwei Personen durchgeführt werden. Das Abgreifen der Signale am Sensor, die Durchführung verschiedener Prüfzyklen und das Diagnostizieren am Oszilloskop ist für eine Person nur erschwert und wesentlich zeitintensiver möglich.

Allgemeines

Das Drosselklappenpotentiometer dient zur Feststellung des Öffnungswinkels der Drosselklappe. Die hieraus gewonnene Information wird an das Steuergerät geleitet und trägt als Kenngröße zur Errechnung der benötigten Kraftstoffmenge bei. Es wird direkt an der Drosselklappenachse befestigt.

Funktion



Das Drosselklappenpotentiometer ist ein Winkelgeber mit einer linearen Kennlinie. Es wandelt den jeweiligen Öffnungswinkel der Drosselklappe in ein proportionales Spannungsverhältnis um. Beim Betätigen der Drosselklappe rutscht ein mit der Drosselklappenachse verbundener Rotor mit seinen Schleifkontakten über Widerstandsbahnen, wodurch die Stellung der Drosselklappe in ein Spannungsverhältnis umgewandelt wird.

Auswirkungen bei Ausfall

Ein defektes Drosselklappenpotentiometer kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Motor ruckt und/oder stottert
- Motor nimmt schlecht Gas an
- Schlechtes Startverhalten
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch

Ursachen für den Ausfall des Drosselklappenpotentiometers können sein:

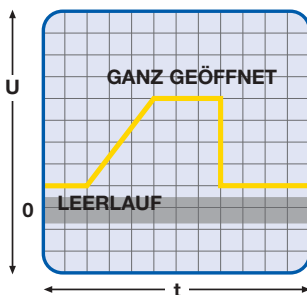
- Kontaktfehler am Steckeranschluss
- Innere Kurzschlüsse durch Verunreinigungen (Feuchtigkeit, Öl)
- Mechanische Beschädigungen

Fehlersuche

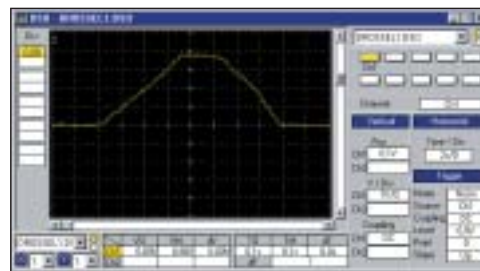
Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

- Drosselklappenpotentiometer auf Beschädigung prüfen
- Steckeranschluss auf richtigen Sitz und Verschmutzung prüfen
- Spannungsversorgung vom Steuergerät prüfen (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Sollwert: ca. 5 V (Herstellerangaben beachten).

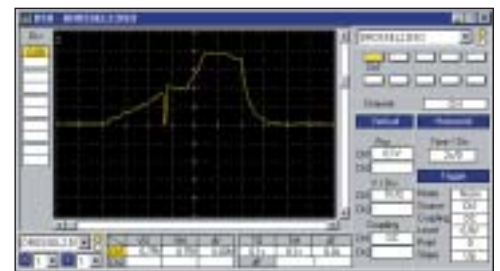
- Widerstandsmessung am Drosselklappenpotentiometer (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Ohmmeter anschließen und den Widerstand bei geschlossener Drosselklappe prüfen, Drosselklappe langsam öffnen, Änderung des Widerstands beobachten (bei der Messung lässt sich eine Unterbrechung des Schleifkontaktes feststellen). Widerstand bei völliger Öffnung der Drosselklappe prüfen (Herstellerangaben beachten).
- Kabelverbindungen zum Steuergerät auf Durchgang und Massechluss prüfen (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Die einzelnen Kabel bei abgezogenem Steuergerätestecker und Bauteilstecker auf Durchgang prüfen, Sollwert: ca. 0 Ohm. Jedes Kabel ebenfalls gegen Fahrzeugmasse auf einen Massechluss prüfen, Sollwert: ca. >30 MOhm.



Drosselklappenpotentiometer Optimalbild



Livebild Drosselklappenpotentiometer ok

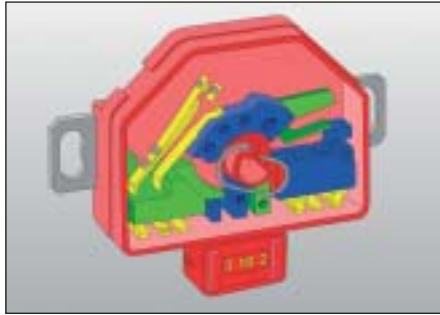


Livebild Drosselklappenpotentiometer mit Fehler

Allgemeines

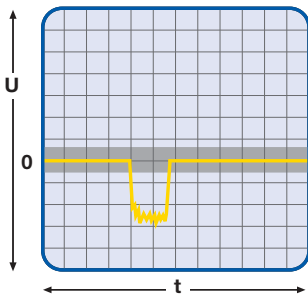
Drosselklappenschalter dienen zur Ermittlung der Drosselklappenstellung. Sie werden direkt an der Drosselklappenachse befestigt. Die jeweiligen Schalterstellungen werden an das Motormanagement-Steuergerät übermittelt und tragen zur Errechnung der benötigten Kraftstoffmenge bei.

Funktion



Im Drosselklappenschalter befinden sich zwei Schalter, die über einen Schaltmechanismus betätigt werden. Die beiden Schalter geben dem Motormanagement-Steuergerät die Information über die Motorbetriebszustände Leerlauf und Vollast, um eine genaue Berechnung der benötigten Kraftstoffmenge zu gewährleisten.

Auswirkungen bei Ausfall



Drosselklappenschalter Optimalbild

Ein defekter Drosselklappenschalter kann folgende Auswirkungen haben:

- Motor geht im Leerlauf aus
- Motor bockt bei Vollast

Ursachen für einen defekten Drosselklappenschalter können sein:

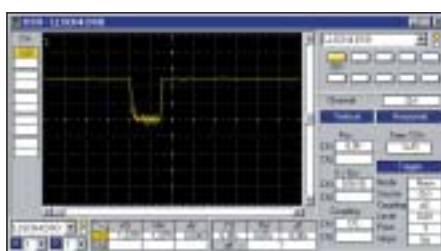
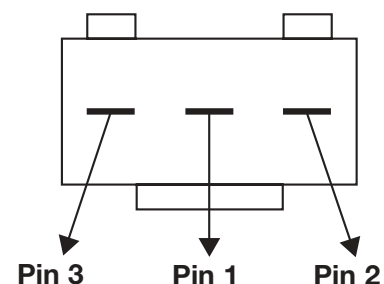
- Mechanische Beschädigungen (z.B. durch Vibrationen)
- Kontaktfehler am elektrischen Anschluss (Korrosion, Feuchtigkeit)
- Kontaktfehler an den inneren Schaltkontakten (Feuchtigkeit, Verschmutzung)

Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

1. Drosselklappenschalter auf korrekte Montage prüfen
2. Prüfen, ob der Schaltmechanismus von der Drosselklappenwelle betätigt wird (bei stehendem Motor die Drosselklappe vom Leerlaufanschlag bis zum Vollastanschlag bewegen, um zu hören, ob die Schalter betätigt werden)
3. Steckeranschluss auf richtigen Sitz und evt. Verschmutzung prüfen
4. Schaltkontakte mit einem Multimeter prüfen:

- Leerlaufschalter geschlossen: Messung zwischen Pin 1 und 3. Messwert = $>30 \text{ MOhm}$.
- Leerlaufschalter geöffnet: Messung zwischen Pin 1 und 3 (Achtung: Drosselklappe während der Messung langsam öffnen, bis der Leerlaufschalter öffnet). Messwert = 0 Ohm .
- Volllastschalter geöffnet: Messung zwischen Pin 1 und 2. Messwert = $>30 \text{ MOhm}$.
- Volllastschalter geschlossen: Messung zwischen Pin 1 und 2. Messwert = 0 Ohm .



Livebild Drosselklappenschalter ok



Livebild Drosselklappenschalter mit Fehler

Allgemeines

Einspritzventile haben die Aufgabe, bei jedem Betriebszustand des Motors die vom Steuergerät berechnete Kraftstoffmenge exakt einzuspritzen. Um eine gute Kraftstoffzerstäubung bei geringen Kondensationsverlusten zu gewährleisten, müssen motorspezifisch ein bestimmter Abstand und Einspritzwinkel eingehalten werden.

Funktion



Einspritzventile werden elektromagnetisch betätigt. Das Steuergerät errechnet und steuert die elektrischen Impulse zum Öffnen und Schließen der Einspritzventile anhand der aktuellen Sensordaten des Motorbetriebszustands. Aufgebaut sind Einspritzventile aus einem Ventilkörper, in dem sich eine Magnetwicklung und eine Führung für die Düsennadel befinden, und einer Düsennadel mit Magnetanker. Wenn das Steuergerät die Magnetwicklung mit einer Spannung beaufschlagt, hebt sich die Düsennadel von ihrem Ventilsitz ab und gibt eine Präzisionsbohrung frei. Sobald die Spannung wegfällt, wird die Düsennadel durch eine Feder auf den Ventilsitz zurückgedrückt und verschließt die Bohrung. Die Durchflussmenge bei einem geöffneten Einspritzventil ist durch die Präzisionsbohrung genau definiert. Um die für den Betriebszustand berechnete Kraftstoffmenge einzuspritzen, errechnet das Steuergerät im Abgleich mit der Durchflussmenge die Öffnungszeit des Einspritzventils. Somit ist gewährleistet, dass immer die genaue Kraftstoffmenge eingespritzt wird. Durch die Bauform des Ventilsitzes und der Präzisionsbohrung wird eine optimale Zerstäubung des Kraftstoffs erreicht.

Auswirkungen bei Ausfall



Ein defektes oder nicht einwandfrei arbeitendes Einspritzventil kann folgende Fehlersymptome aufweisen:

- Startprobleme
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch
- Leistungsverlust
- Schwankende Leerlaufdrehzahl
- Beeinträchtigt Abgasverhalten (z.B. AU-Werte)
- Als Folgeschäden: Reduzierung der Motorlebensdauer, Schäden am Katalysator



Ursache für einen Defekt oder eine eingeschränkte Funktion können sein:

- Ein verstopftes Filtersieb im Einspritzventil durch verschmutzten Kraftstoff.
- Ein schlecht schließendes Nadelventil durch kleinste Verunreinigungen von innen, Verbrennungsrückstände von außen, Ablagerungen von Additiven.
- Eine zugesetzte, verschlossene Ausflussbohrung.
- Ein Kurzschluss in der Spule.
- Eine Kabelunterbrechung zum Steuergerät.

Fehlersuche

Eine Fehlersuche kann bei laufendem und stehendem Motor durchgeführt werden.

Fehlersuche bei laufendem Motor

1. Mit einer Zylindervergleichsmessung und gleichzeitiger Abgasmessung kann an dem Drehzahlabfall, den HC- und CO-Werten der einzelnen Zylinder die eingespritzte Kraftstoffmenge verglichen werden. Im günstigsten Fall sind die Werte bei allen Zylindern gleich, bei stark abweichenden Werten wird eventuell zu wenig Kraftstoff eingespritzt (viel unverbrannter Kraftstoff = hohe HC- und CO-Werte, wenig unverbrannter Kraftstoff = niedrige HC- und CO-Werte). Ursache kann ein defektes Einspritzventil sein.
2. Mit dem Oszilloskop lässt sich das Einspritzsignal darstellen. Dazu wird die Messleitung an die Steuerleitung des Einspritzventil-Steuergeräts angeschlossen, die andere Leitung an einen geeigneten Massepunkt. Bei laufendem Motor lassen sich am Signalbild die Spannung und die Impulsdauer (Öffnungszeit) ablesen. Beim Öffnen der Drosselklappe muss während der Beschleunigungsphase die Impulsdauer ansteigen und bei konstanter Drehzahl (ca. 3000 U/min) wieder auf oder knapp unter den Leerlaufwert abfallen. Die Ergebnisse der einzelnen Zylinder können miteinander verglichen werden und eventuell Aufschluss auf mögliche Fehler geben, z.B. schlechte Spannungsversorgung.
3. Weitere wichtige Prüfungen sind die Kraftstoffdruckmessung, um mögliche andere fehlerhafte Bauteile (Kraftstoffpumpe, Kraftstofffilter, Druckregler) zu erkennen sowie die Prüfung des Ansaug- und Abgassystems auf Dichtheit, um eine Verfälschung der Messergebnisse zu vermeiden.

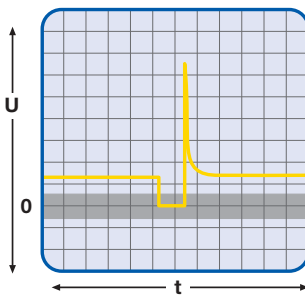
Fehlersuche bei ausgeschaltetem Motor/Zündung

1. Prüfung der Kabelverbindung zwischen den Einspritzventilen und dem Steuergerät auf Durchgang (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Für diese Messung den Steuergerätestecker abziehen und die einzelnen Kabel der Einspritzventilstecker zum Steuergerät prüfen. Sollwert: ca. 0 Ohm.
2. Prüfung der Kabelverbindung zwischen den Einspritzventilen und dem Steuergerät auf einen Masseschluss. Bei abgezogenem Steuergerätestecker die Kabel von den Einspritzventilsteckern zum Steuergerät gegen Fahrzeugmasse messen. Sollwert: >30 MOhm.
3. Spulen der Einspritzventile auf Durchgang prüfen. Dazu das Ohmmeter zwischen den beiden Anschlusspins anschließen. Sollwert: ca. 15 Ohm (Herstellerangaben beachten).

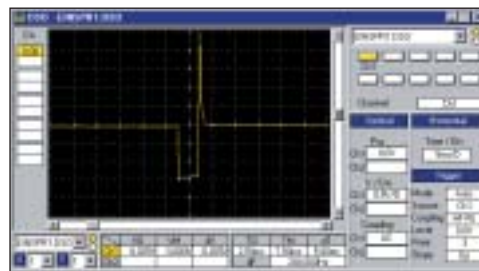


4. Spulen der Einspritzventile auf einen Masseschluss prüfen. Dazu jeden einzelnen Anschlusspin gegen das Ventilgehäuse auf Durchgang prüfen. Sollwert: >30 MOhm.

Mit einem speziellen Testgerät ist es möglich, das Spritzbild der Einspritzventile im ausgebauten Zustand zu testen. Außerdem besteht mit diesem Gerät die Möglichkeit, die Einspritzventile zu reinigen.



Einspritzventil
Optimalbild



Livebild Einspritzventil ok



Livebild Einspritzventil mit Fehler

Allgemeines

Der Leerlaufsteller ist ein Bypass-Luftventil. Der beispielhaft abgebildete Leerlaufsteller besteht aus einem geschlossenen Gussgehäuse mit angeflanschter Magnetventil-Servoeinheit. Daran ist ein Düsenstock befestigt, der durch Bewegung der Servoeinheit unterschiedliche Luft-Querschnitte freigibt und damit den Luftmassenstrom bei geschlossener Drosselklappe steuern kann.

Funktion



Der Leerlaufsteller ist zuständig für die Regulierung der Motordrehzahl im Rahmen der gesamten Leerlaufregelung des Motormanagement-Systems. Wenn im Leerlauf eine plötzliche Veränderung des Motorlastzustands eintritt (Einschalten der Klimaanlage, Kriechgeschwindigkeit im 1. Gang oder weiteres Zuschalten eines elektrischen Verbrauchers), wird zusätzlich Luft und Kraftstoff benötigt, um einen Motorstillstand zu verhindern. Senkt sich die Motordrehzahl unter einen solchen kritischen Wert, der als Konstante im Speicher des Steuergerätes abgelegt ist, wird das Magnetventil aktiviert und ein erhöhter Luftdurchsatz erreicht. Gleichzeitig wird die Öffnungszeit der Einspritzventile verlängert und dem Bedarf des Motors angepasst.

Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Leerlaufsteller kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Zu hohe Leerlaufdrehzahl
- Absterben des Motors bei Leerlaufdrehzahl
- Absterben des Motors bei Leerlaufdrehzahl und Zuschalten eines zusätzlichen Verbrauchers
- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte

Ursachen für den Ausfall des Leerlaufstellers können sein:

- Starke Verschmutzung/Verharzung
- Kurzschlüsse in der Spule
- Festsitzen des elektrischen Magnetantriebs
- Keine Spannungsversorgung vom Motormanagement-Steuergerät

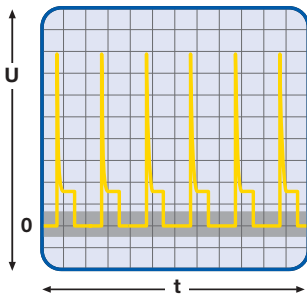
Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

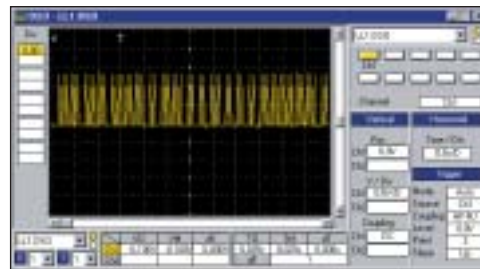
1. Spannungsversorgung bei eingeschalteter Zündung prüfen.
Messwert: 11 – 14V.
2. Spulenwiderstand mit dem Multimeter zwischen den beiden Anschlusspins des Leerlaufstellers messen. Sollwert = ca.10 Ohm (Herstellerangaben beachten).
3. Spule auf Wicklungskurzschluss zwischen den beiden Anschlusspins prüfen. Sollwert = 0 Ohm.
4. Spule auf Wicklungsunterbrechung zwischen den beiden Anschlusspins prüfen. Messwert = >30 MOhm.
5. Spule auf Masseschluss prüfen – zwischen Pin 1 und Bauteilgehäuse sowie Pin 2 und Bauteilgehäuse. Messwert = >30 MOhm.
6. Mechanische Prüfung: Servoeinheit vom Gehäuse abschrauben.
Sichtprüfung, ob sich beim Betätigen der Ventilstange der Bypass öffnet und schließt.
7. Fehlercode auslesen.

Montagehinweis

Es wird eine Flanschdichtung benötigt. Das Anzugsdrehmoment der Befestigungsschrauben beträgt 12 – 15 Nm.



Leerlaufsteller Optimalbild



Livebild Leerlaufsteller ok



Livebild Leerlaufsteller mit Fehler

In dieser Ausgabe möchten wir Ihnen das wichtigste Bauteil der Motorsteuerung näher bringen: Das Motorsteuergerät.

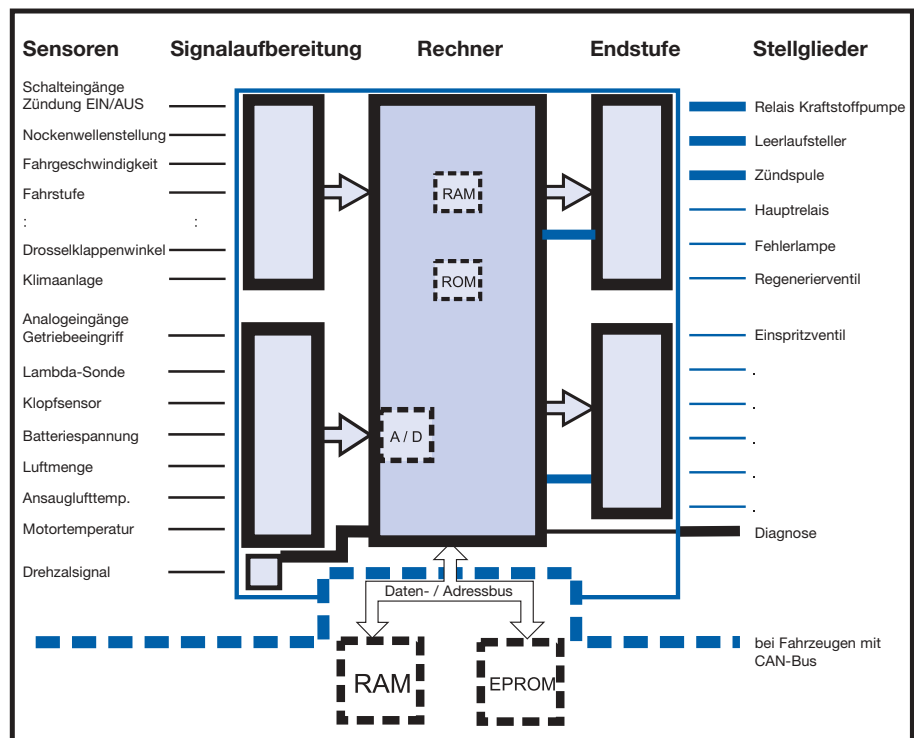
Angefangen hat die Geschichte des Motorsteuergerätes 1967 mit der Einführung der D-Jetronic. Sie war die erste elektronische Einspritzanlage, die in Großserie gefertigt wurde. Das Steuergerät hatte damals die Größe eines Schuhkartons. Es bestand aus ungefähr 30 Transistoren und 40 Dioden. Die wichtigsten Eingangsgrößen waren der Saugrohrdruck und die Motordrehzahl. Mit der Weiterentwicklung der Einspritzsysteme – L-Jetronic und K-Jetronic – änderten sich auch die Anforderungen an die Systemsteuerung. Es mussten immer mehr Daten erfasst, verarbeitet und ausgegeben werden. Die Anforderungen stiegen weiter an, die Leistungsfähigkeit der Steuergeräte wurde stetig erhöht.

Aufbau des Steuergeräts



Das eigentliche Steuergerät, eine Leiterplatte mit allen elektronischen Bauteilen, wird in ein Metall- oder Kunststoffgehäuse montiert. Der Anschluss der Sensoren und Aktuatoren erfolgt über eine vielpolige Steckverbindung. Die notwendigen Leistungsbaulemente zur direkten Ansteuerung der Aktuatoren werden auf Kühlkörpern im Gehäuse installiert, um die auftretende Wärme abzuführen. Bei der Konstruktion müssen noch weitere Anforderungen berücksichtigt werden. Sie betreffen die Umgebungstemperatur, mechanische Beanspruchung und Feuchtigkeit. Genauso wichtig ist die Unempfindlichkeit gegen elektromagnetische Störungen und die Begrenzung der Abstrahlung hochfrequenter Störsignale. Das Steuergerät muss bei Temperaturen von $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ und Spannungsschwankungen von 6 V – 15 V einwandfrei arbeiten.

Arbeitsweise



Das Steuergerät wird durch einen internen Spannungsregler mit einer konstanten Spannung von 5 V für die digitalen Schaltungen versorgt. Die Eingangssignale der Sensoren erreichen das Steuergerät in unterschiedlicher Form. Sie werden deshalb über Schutzbeschaltungen und, wenn notwendig, über Verstärker und Signalwandler geleitet und dann vom Mikroprozessor direkt verarbeitet. Analoge Signale, z.B. von der Motor- und Ansauglufttemperatur, der angesaugten Luftmenge, der Batteriespannung, der Lambdasonde usw. werden im Mikroprozessor von einem Analog-/Digitalwandler in digitale Werte umgewandelt. Um Störimpulse zu verhindern, werden Signale von induktiven Sensoren (z.B. Drehzahlerfassung und Bezugsmarkengeber) in einem Schaltungsteil aufbereitet.

ROM / EPROM / RAM

Um die Eingangssignale verarbeiten zu können, benötigt der Mikroprozessor ein Programm. Dieses Programm wird auf einem Festwertspeicher (ROM oder EPROM) abgelegt. In diesem Festwertspeicher sind außerdem die benötigten motorspezifischen Kennfelder und Kennlinien für die Motorsteuerung gespeichert. Um die Funktion einiger fahrzeugspezifischer Ausstattungen oder Motorvarianten zu realisieren, wird vom Fahrzeughersteller oder von der Werkstatt eine Variantencodierung durchgeführt. Sie wird gebraucht, wenn das Steuergerät als Ersatzteil getauscht wird oder einzelne Sensoren oder Aktuatoren erneuert werden. Um die Anzahl von verschiedenen Steuergeräten beim Fahrzeughersteller möglichst gering zu halten, werden bei einigen Gerätetypen die gesamten Datensätze erst am Ende der Produktion auf das EPROM aufgespielt.

Neben dem ROM oder EPROM wird auch ein Schreib-Lese-Speicher (RAM) benötigt. Er hat die Aufgabe, Rechenwerte, Adaptionswerte und eventuell im gesamten System auftretende Fehler zu speichern, damit sie mit einem Diagnosegerät ausgelesen werden können. Dieser RAM-Speicher benötigt eine permanente Stromversorgung. Wird die Stromversorgung unterbrochen, z.B. beim Abklemmen der Batterie, gehen die gespeicherten Daten verloren. In diesem Fall müssen alle Adaptionswerte vom Steuergerät neu ermittelt werden. Um den Verlust der variablen Werte zu vermeiden, werden diese bei einigen Gerätetypen anstatt in einem RAM in einem EPROM gespeichert.

Die Signalausgabe zur Ansteuerung der Stellglieder erfolgt über Endstufen. Sie haben ausreichend Leistung für den direkten Anschluss der einzelnen Stellglieder und werden vom Mikroprozessor gesteuert. Diese Endstufen sind so geschützt, dass sie durch Kurzschlüsse gegen Masse und Batteriespannung sowie durch elektrische Überlastung nicht zerstört werden können.

Durch die Eigendiagnose können auftretende Fehler an einigen Endstufen erkannt und notfalls der Ausgang abgeschaltet werden. Dieser Fehler wird dann im RAM abgespeichert und kann in der Werkstatt mit einem Diagnosegerät ausgelesen werden. Damit bei einigen Gerätetypen das Programm zu Ende geführt werden kann, wird nach dem Abschalten der Zündung über eine Halteschaltung das Hauptrelais noch bis zum Programmende gehalten.

Die zentrale Aufgabe des Motorsteuergerätes besteht darin, die Gemischaufbereitung und Zündeneinstellung dem jeweiligen Lastzustand des Motors anzupassen. Dazu gehören die Schließwinkelsteuerung, die Zündverstellung, die Kraftstoffeinspritzung, die Klopfregelung, die Lambda-regelung, die Ladedruckregelung, die Leerlaufregelung und die Abgasrückführungsregelung. Bei neueren Systemen kommt noch die Überwachungs- und Servicefunktion hinzu, die das gesamte System überwachen und auftretende Fehler erkennen und im Fehlerspeicher abspeichern. Außerdem werden die Abstände zwischen den notwendigen Inspektionen koordiniert. Steuergeräte, die in einem CAN-Bus eingebunden sind, stellen anderen Steuergeräten (z.B. Getriebe- und ESP-Steuergerät) zusätzliche Informationen zur Verfügung. Um die jeweils nötigen Ausgangssignale zu errechnen, werden alle Informationen, die von den Sensoren erfasst wurden, mit den abgespeicherten Kennfeldern verglichen, berechnet und an die erforderlichen Stellglieder ausgegeben.

Diagnose von Fehlern

Auftretende Fehler können verschiedene Ursachen haben. Es ist möglich, dass der Fehler durch ein falsches Eingangssignal, Ausgangssignal oder die fehlerhafte Ausführung eines Signals hervorgerufen wird. Wird der Fehler durch ein falsches Eingangssignal verursacht, können ein Sensor oder die dazugehörige Verkabelung die Ursache sein. Wird ein Ausgangssignal falsch ausgeführt, ist von einem defekten Stellglied oder einer fehlerhaften Verkabelung auszugehen. Sind die Eingangssignale in Ordnung, werden aber falsche Signale vom Steuergerät ausgegeben, kommt ein Defekt des Steuergerätes in Betracht.



In vielen Fällen gestaltet sich die Diagnose eines aufgetretenen Fehlers schwierig. Bei Fahrzeugen, die über einen Diagnoseanschluss verfügen, kann mit einem Diagnosegerät der Fehlerspeicher ausgelesen werden. Steht kein geeignetes Gerät zur Verfügung, können von verschiedenen Herstellern angegebene Möglichkeiten genutzt werden, um den Fehlerspeicher über einen Blinkcode auszulesen. Hierbei sind unbedingt die Herstellerangaben zu berücksichtigen, die aber auch von diversen Testgeräteherstellern angeboten werden. Konnte ein abgespeicherter Fehler ausgelesen werden, müssen unter Umständen weitere Prüfungen durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass es sich um einen Bauteildefekt und nicht um eine Beschädigung am Stecker oder Kabel handelt.

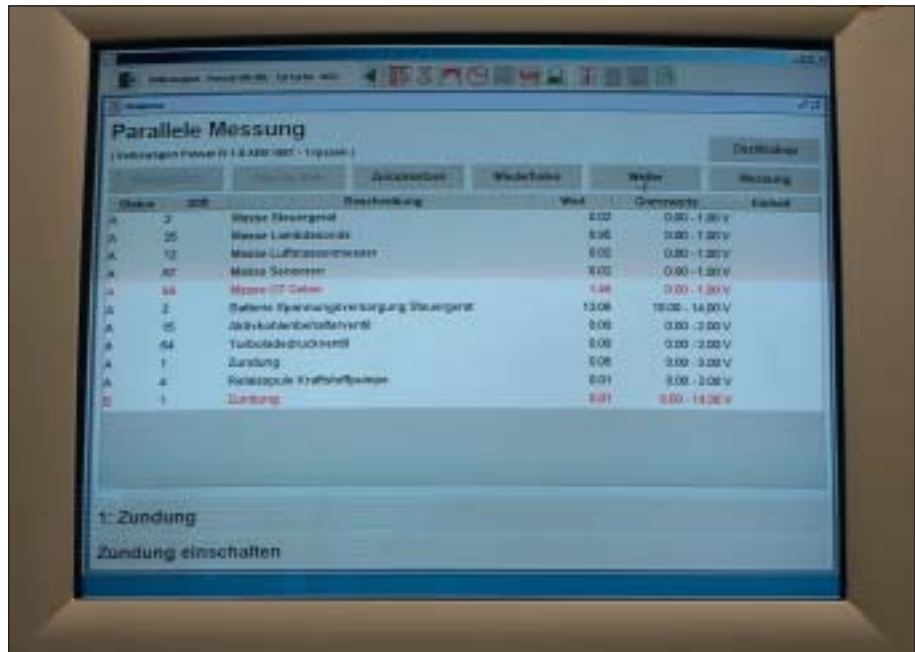
Zu beachten ist, dass ein abgespeicherter Fehler nicht direkt durch das angezeigte Bauteil verursacht werden muss, sondern auch durch ein anderes defektes Bauteil hervorgerufen werden kann. Ein klassisches Beispiel ist hier der angezeigte Fehler „Lambdasonde – Spannung zu niedrig“, verursacht durch einen defekten Temperatursensor. Durch den defekten Temperatursensor erhält das Steuergerät ständig die Information „Motor kalt“, obwohl die Betriebstemperatur erreicht ist. Das Steuergerät fettet das Gemisch weiter an und die Lambdasonde bleibt aufgrund des zu fetten Gemisches ständig bei 0,1 V hängen, was vom Steuergerät natürlich als Fehler gewertet wird. Dasselbe gilt für Fehler an Stellgliedern. Ist ein Fehler im System, der nicht im Fehlerspeicher abgelegt ist, können mit einem geeigneten Diagnosegerät die Messwertblöcke ausgelesen werden. Hierbei wird ein Vergleich der Soll- und Istwerte durchgeführt.

Die angezeigten Istwerte werden mit den im Diagnosegerät hinterlegten Sollwerten verglichen und können Aufschluss über fehlerhafte Werte geben. **Auch hier gibt es ein klassisches Beispiel:** Die vom Luftmassenmesser an das Steuergerät weitergeleiteten Werte entsprechen nicht dem Lastzustand des Motors, sind aber für das Steuergerät immer noch plausibel. Der Motor hat nicht mehr seine volle Leistung. Durch Auslesen des dazugehörigen Messwertblocks und den Vergleich mit den Sollwerten unter verschiedenen Lastzuständen lässt sich dieser Fehler sehr schnell diagnostizieren.

Wann ist von einem Steuergerätedefekt auszugehen?

Diese Frage ist, wie die Werkstattpraxis häufig zeigt, sehr schwer zu beantworten. Grundsätzlich kann man sagen: Wenn alle Spannungs- und Masseverbindungen zum Steuergerät sowie alle Eingangssignale geprüft worden sind und trotzdem die Ansteuerung eines (oder mehrerer) Stellglieder nicht oder nicht richtig erfolgt, kann von einem Fehler innerhalb des Steuergerätes ausgegangen werden. Wichtig ist, dass vom Steuergerät nicht nur die Stellglieder angesteuert werden, sondern auch Relais (z.B. Masseversorgung vom Kraftstoffpumpenrelais). Grundsätzlich sollten bei allen Arbeiten fahrzeugspezifische Schaltpläne und Sollwerte berücksichtigt werden. Sie geben einen genauen Überblick über alle Komponenten und Kabel, die mit dem Steuergerät in Verbindung stehen. Probleme treten auf, wenn das Diagnosegerät keine Verbindung zum Steuergerät aufbaut. Ist die Verbindung zwischen Diagnosegerät und Fahrzeug in Ordnung und das richtige Fahrzeug ausgewählt, kann diese Fehlerquelle ausgeschlossen werden. Es sollte geprüft werden, ob alle Spannungs- und Masseverbindungen am Steuergerät in Ordnung sind und die Spannungswerte den Sollwerten entsprechen. Sind hier keine Fehler festzustellen, ist davon auszugehen, dass innerhalb des Steuergerätes Beschädigungen aufgetreten sind, die das Gerät zerstört haben.

Neben der seriellen Diagnose (Prüfung über den Diagnoseanschluss) bieten einige Testgerätehersteller die Möglichkeit der parallelen Diagnose an. Hierbei wird das Diagnosegerät mit Hilfe eines fahrzeugspezifischen Adapterkabels an das Steuergerät angeschlossen. Bei der parallelen Diagnose lassen sich alle Werte und Signale an den einzelnen Pins des Steuergerätes prüfen und vergleichen. Diese Diagnosemöglichkeit bietet sich bei Fahrzeugen an, die noch nicht über einen seriellen Diagnoseanschluss verfügen.



Bildschirmdarstellung parallele Diagnose



Anschluss parallele Diagnose

Eine weitere Möglichkeit der Diagnose ist die Prüfung mit der Prüfbox (Brake Out Box). Bei dieser Prüfmethode wird die Prüfbox mit den dazugehörigen Adapterkabeln parallel zum Steuergerät angeschlossen. An den Steckbuchsen der Prüfbox lassen sich mit dem Multimeter oder Oszilloskop die einzelnen Sensoren, Kabel, Masse- und Spannungsversorgungen prüfen. Bei dieser Prüfung ist es sehr wichtig, dass die vom Fahrzeughersteller vorgeschriebenen Pinbelegungen und Sollwerte zur Verfügung stehen.



Prüfung mit der Prüfbox

Prüfungen ohne Diagnosegerät oder Prüfbox

Stehen Diagnosegerät oder Prüfbox nicht zur Verfügung, gestaltet sich die Fehlersuche äußerst schwierig. Mit den notwendigen fahrzeug-spezifischen Schaltplänen und Sollwerten können Messungen mit dem Multimeter oder Oszilloskop durchgeführt werden. Wichtig ist, dass beim Anschluss der Messspitzen des Testgerätes die Stecker und Kabel nicht beschädigt werden. Häufig kommt es vor, dass die Steckkontakte durch die Messspitzen aufgebogen werden und keinen richtigen Kontakt mehr haben. Diese „selbst eingebauten Fehler“ sind später sehr schwer ausfindig zu machen.

Welche Vorsichtsmaßnahmen sind zu beachten?

Gehen Sie bei Messungen am Steuergerät äußerst vorsichtig vor. Verpolungen oder Spannungsspitzen können die sensiblen Elektronikbauteile im Steuergerät zerstören. Verwenden Sie aus diesem Grund keine herkömmliche Prüflampe. Benutzen Sie ein Multimeter, Oszilloskop oder eine Diodenprüflampe. Zum Löschen des Fehlerspeichers verfahren Sie nur nach den Angaben des Herstellers. Bei neuen Systemen kann es beim Abklemmen der Batterie zum Verlust von gespeicherten Daten kommen. Es kann dann erforderlich sein, dass einige Bauteile oder Systeme neu adaptiert oder codiert werden müssen, damit sie einwandfrei funktionieren und vom Steuergerät erkannt werden. Dieses ist auch dann notwendig, wenn das Steuergerät oder bestimmte Bauteile erneuert werden. Eine Anpassung oder Codierung ist nur mit einem Diagnosegerät möglich.

Wird das Steuergerät erneuert, ist darauf zu achten, dass bei einigen Gerätetypen die steckbaren Programmspeicher (EPROM) in das neue Gerät übernommen werden müssen. Neue Steuergeräte, die im Fahrzeug angepasst und codiert werden müssen, können nur noch in diesem Fahrzeug verwendet werden. Der Einbau zu Versuchszwecken in ein anderes Fahrzeug ist nicht möglich.

Bei Unsicherheiten in der Beurteilung besteht die Möglichkeit, das Steuergerät kostengünstig prüfen zu lassen. Bei einem Defekt kann das Steuergerät unter Umständen repariert werden. Bei einem nicht reparablen Defekt besteht die Möglichkeit, das Gerät 1:1 zu tauschen. Liegt kein Fehler vor, kann das Steuergerät ohne Probleme wieder eingebaut werden. Mehr Informationen zu diesem Thema bekommen Sie im Internet unter: www.hella.de.

In dieser Ausgabe möchten wir das ABS-Bremssystem erklären und auf mögliche Fehler und Diagnosemöglichkeiten in der Elektronik eingehen. Der Schwerpunkt liegt nicht auf Aufbau und Funktion, sondern auf Diagnose und Fehlersuche.

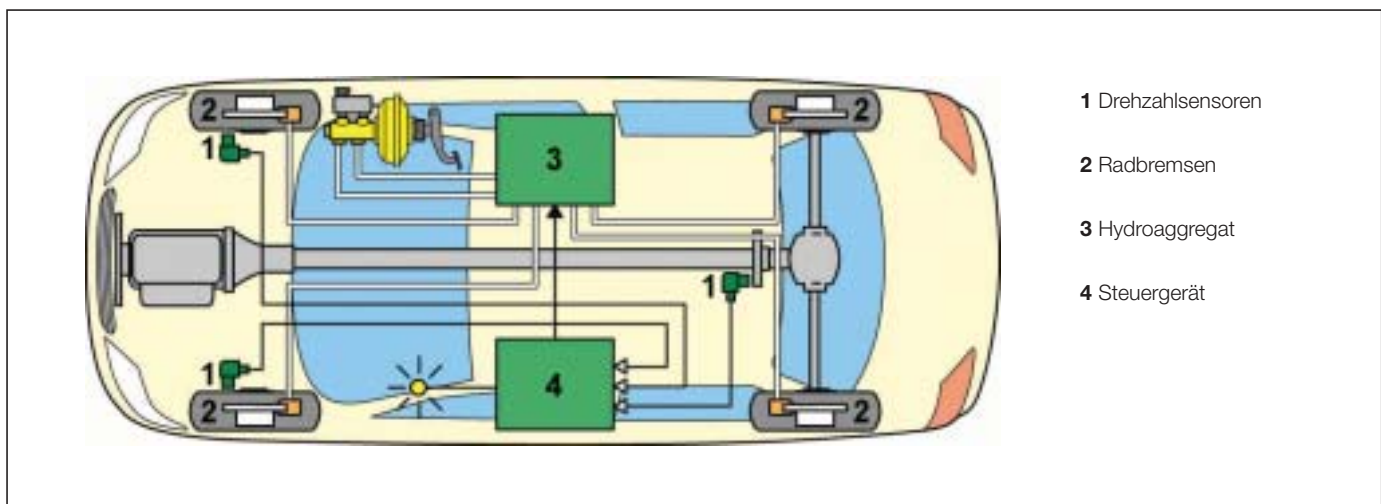
Ende der 70-iger Jahre war die Entwicklung so weit fortgeschritten, dass das erste ABS-Bremssystem serienreif war. Mit dem ABS-Bremssystem wurde es möglich, die Sicherheit während kritischer Bremsituationen zu erhöhen. Unterschiedliche Fahrbahnverhältnisse (Nässe, Glätte) oder plötzlich auftretende Hindernisse führten bei Gefahrbremsungen mit Fahrzeugen ohne ABS zum Blockieren der Räder.

Dies hatte zur Folge, dass es dem Fahrer nicht mehr möglich war, das Fahrzeug zu lenken. Bei Fahrzeugen mit ABS wird das Blockieren der Räder verhindert und sie bleiben jederzeit lenkbar auch im Fall einer Voll- oder Gefahrbremsung.

Bauteile des ABS-Systems

Das ABS-System besteht aus folgenden Bauteilen:

- Steuergerät
- Hydroaggregat
- Drehzahlsensoren
- Radbremsen



Das Steuergerät ist das Herzstück des Systems. Von ihm werden die Drehzahlsignale der Raddrehzahlsensoren empfangen und ausgewertet. Aus ihnen ergibt sich der Bremsschlupf und die Radverzögerung bzw. die Radbeschleunigung. In einem digitalen Regler, der aus zwei voneinander unabhängigen, parallel arbeitenden Mikrocontrollern für jeweils zwei Räder besteht, werden diese Informationen verarbeitet. Die daraus entstehenden Regelsignale werden als Stellbefehle an die Magnetventile des Hydroaggregats geleitet.

Im Hydroaggregat befinden sich die Magnetventile, welche die Stellbefehle des Steuergerätes ausführen. Auch wenn bei einer Gefahrenbremsung der vom Fahrer vorgegebene Druck über das Bremspedal wesentlich höher ist, regeln sie den Druck an den Radbremszylindern optimal. Das Hydroaggregat ist zwischen dem Hauptbremszylinder und den Radbremszylindern eingebaut.

Aus den von den Drehzahlsensoren erfassten Signalen ermittelt das Steuergerät die Radumfangsgeschwindigkeit. Diese Sensoren sind in der Regel Induktivsensoren. Bei neueren Systemen kommen aber auch aktive Drehzahlsensoren zum Einsatz.

In den Radbremsen wird mit dem übertragenen Bremsdruck vom Hydroaggregat eine Spannkraft erzeugt, mit der die Bremsbeläge an die Brems Scheiben oder Bremsstrommel gepresst werden.

Wie arbeitet das ABS-System?

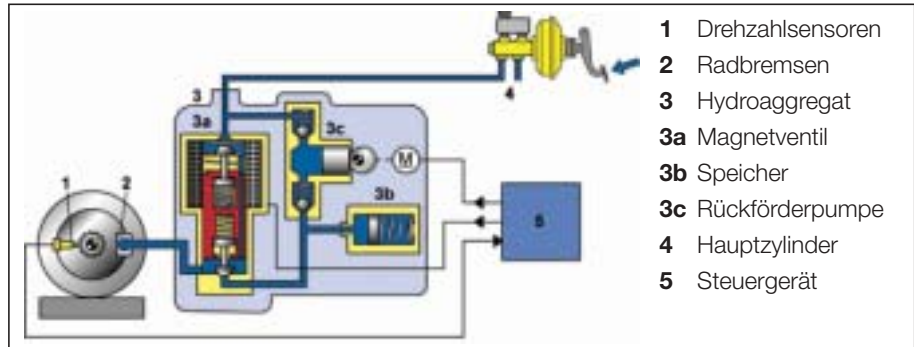
Bei einer Vollbremsung regelt das ABS-System den Bremsdruck, der in die Betriebsbremsanlage eingesteuert werden muss. Dies passiert für jeden Radzylinder einzeln, in Abhängigkeit von Radverzögerung bzw. Radbeschleunigung und Radschlupf.

Diese Regelung erfolgt folgendermaßen:

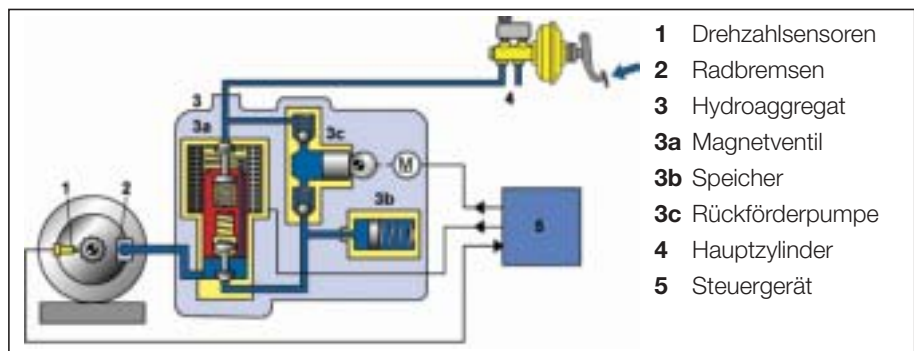
Über die Drehzahlsensoren wird an den Vorderrädern und dem Hinterachsdifferential bzw. an den Hinterrädern die Drehzahl ermittelt, die das Steuergerät zur Berechnung der Radumfangsgeschwindigkeit benötigt. Wird im Steuergerät erkannt, dass ein oder mehrere Räder zum Blockieren neigen, werden die Magnetventile und die Rückförderpumpe der betroffenen Räder angesteuert. Jedes Vorderrad wird über die ihm zugeordneten Magnetventile so beeinflusst, dass es die bestmögliche Bremswirkung erreicht. Unabhängig von den anderen Rädern. Bei Fahrzeugen, die nur einen Drehzahlsensor am Hinterachsdifferential haben, bestimmt das Rad mit der größten Blockierneigung den Bremsdruck an beiden Rädern. Dadurch wird das Rad mit der besseren Haftreibungszahl etwas weniger als möglich gebremst und der Bremsweg etwas länger, die Fahrzeugstabilität aber auch besser. Bei Fahrzeugen mit jeweils einem Drehzahlsensor an den Hinterrädern erfolgt die Regelung wie an den Vorderrädern.

Das Steuergerät steuert die Magnetventile der einzelnen Räder in drei verschiedenen Schaltzuständen an:

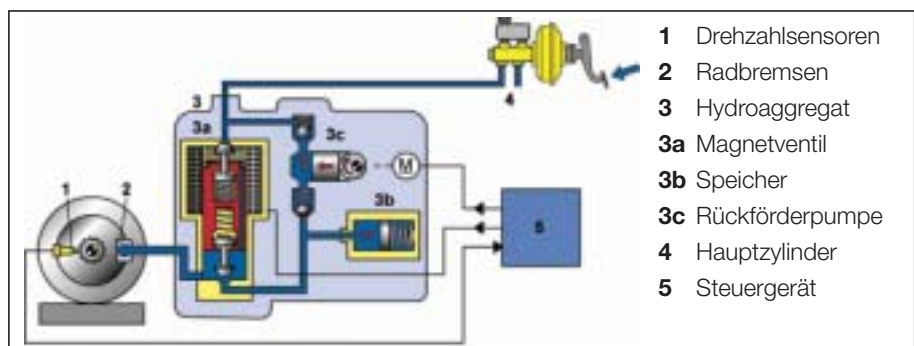
Im ersten Schaltzustand (Druckaufbau) sind der Hauptzylinder und der Radzylinder miteinander verbunden. Das bedeutet, dass das Einlassventil geöffnet und das Auslassventil geschlossen ist. Der Bremsdruck kann ungehindert ansteigen.



Im zweiten Schaltzustand (Druck halten) wird die Verbindung zwischen Hauptzylinder und Radzylinder unterbrochen. Der Bremsdruck bleibt konstant. Das bedeutet, dass das Einlassventil mit Strom versorgt und dadurch geschlossen wird. Das Auslassventil ist ebenfalls geschlossen.



Im dritten Schaltzustand (Druck senken) wird der Bremsdruck abgesenkt. Das bedeutet, dass das Auslassventil mit Strom versorgt und dadurch geöffnet wird. Gleichzeitig wird durch die Rückförderpumpe der Druck abgesenkt. Das Einlassventil ist geschlossen.



Durch diese verschiedenen Schaltzustände ist es möglich, den Bremsdruck stufenförmig, durch ein getaktetes Ansteuern der Magnetventile, auf- oder abzubauen. Bei Einsatz des ABS-Systems laufen diese Regelzustände 4-10 mal pro Sekunde ab, je nach Fahrbahnbeschaffenheit.

Was passiert bei einem Fehler im ABS-System?

Sobald es zu einem Fehler im System kommt, wird es sofort inaktiv. Die Betriebsbremse des Fahrzeugs arbeitet in diesem Fall ohne Einschränkungen weiter. Der Ausfall des ABS-Systems wird dem Fahrer durch Aufleuchten der ABS-Warnleuchte angezeigt.

Fehlersuche im ABS-System

Kommt es zu einem Fehler im ABS-System und zum Aufleuchten der Warnleuchte, gibt es abhängig vom Alter und Typ des ABS-Systems einige Möglichkeiten der Fehlersuche oder Diagnose. Es sollte allerdings immer mit den einfachsten Fehlermöglichkeiten begonnen werden:

Defekte Sicherungen:

Ein Blick in die Bedienungsanleitung und den Sicherungskasten schaltet die erste Fehlerquelle aus, wenn alle Sicherungen, die in Verbindung mit dem ABS-System stehen, in Ordnung sind.



Sensor und Geberrad

Sichtprüfung:

- Sind alle Stecker und Kabel in Ordnung?
- Sind die Stecker richtig eingerastet?
- Gibt es sichtbare Scheuerstellen an den Kabeln, die evtl. zu einem Kurzschluss führen?
- Sind alle Masseverbindungen in Ordnung?
- Sind Drehzahlsensoren und/oder das Geberrad verschmutzt oder beschädigt?
- Sind alle Reifen in Ordnung und haben die richtige/gleiche Größe?

Radlager und Achsaufhängung:

Sind die Radlager und die Achsaufhängung (Kugelköpfe und Gelenke) in Ordnung und ohne Spiel?

Prüfung der Betriebsbremsanlage:

Die Prüfung der Betriebsbremsanlage auf dem Bremsenprüfstand sowie die Prüfung auf Dichtigkeit sind ebenso notwendig.

Der Füllstand des Bremsflüssigkeitsbehälters muss korrekt sein.

Wird bei diesen Prüfungen kein Fehler festgestellt, müssen weitere Messungen durchgeführt werden. Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten. Diese richten sich zum Beispiel nach dem Fahrzeugalter/-typ und den vorhandenen Testgeräten.

Ist das ABS-System diagnosefähig, können mit einem geeignetem Diagnosegerät der Fehlerspeicher ausgelesen und die Messwerte und Parameter abgefragt werden. Ist kein geeignetes Testgerät vorhanden oder das System nicht diagnosefähig, können weitere Messungen mit einem Oszilloskop oder Multimeter durchgeführt werden.

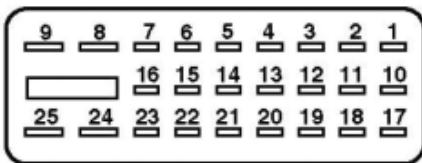
Wichtig ist aber immer, dass ein Schaltplan des zu prüfenden Systems vorhanden ist.



Die Erfahrungen zeigen, dass die meisten Fehler durch defekte Stecker, gebrochene Kabel oder schlechte Masseverbindungen hervorgerufen werden. Diese Fehler lassen sich in der Regel immer mit einem Multimeter oder Oszilloskop herausfinden.

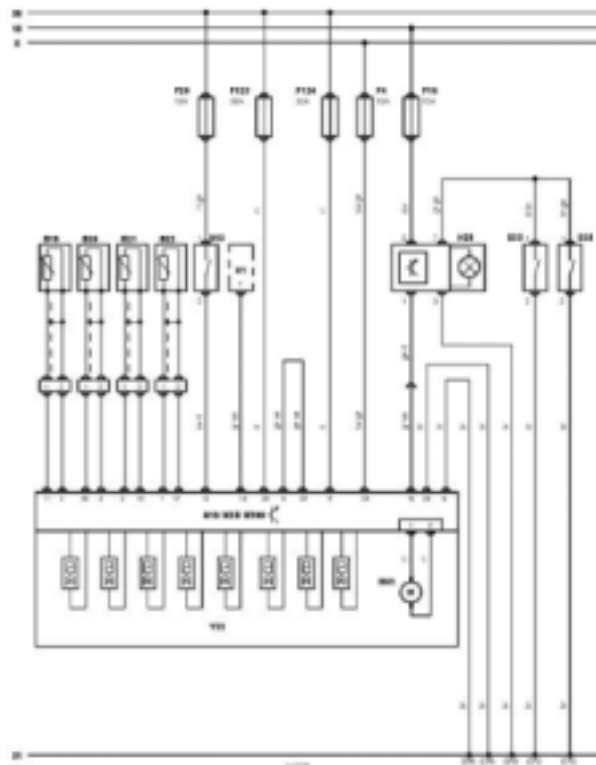
Prüfungen mit dem Multimeter/Oszilloskop

Alle hier aufgeführten Messungen wurden als Beispiel an einem VW Golf 3 durchgeführt. Wichtig ist, dass die Batteriespannung in Ordnung ist, damit während der Messung evtl. Spannungsabfälle an den Kabeln/Steckern erkannt werden können.



A D44882

Steuergerät Steckerbild

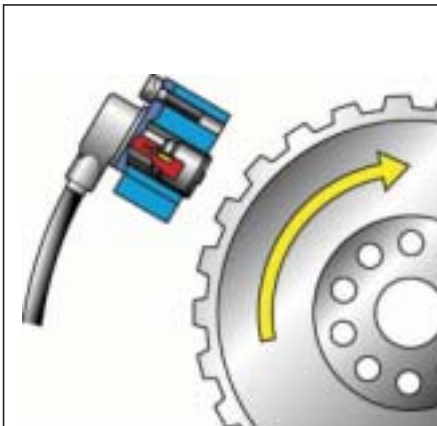


ABS-Schaltplan

Messen der Spannungs- und Masseversorgung am Steuergerät

Dazu muss der Stecker vom ABS-Steuergerät abgeklemmt werden. Anschließend auf dem Schaltplan die Pinbelegung ablesen und das rote Messkabel des Multimeters an den jeweiligen Pin der Spannungsversorgung und das schwarze Messkabel mit einem beliebigen Massepunkt am Fahrzeug verbinden. Achten Sie darauf, dass der Massepunkt sauber ist und das Messkabel einen guten Kontakt hat. Beim Anschluss an den Steuergerätestecker muss sehr vorsichtig vorgegangen werden, um Schäden an den Steckkontakten zu vermeiden. Mit einer Spannungsmessung prüfen, ob Batteriespannung anliegt. Mit einer Widerstandsmessung die Masseverbindung des Steuergerätes prüfen. Dazu wieder im Schaltplan die jeweiligen Massepins herausuchen und das Messkabel des Multimeters anschließen. Das zweite Messkabel wieder mit dem Massepunkt des Fahrzeugs verbinden. Der Widerstandswert sollte ca. 0,1 Ohm nicht überschreiten (ungefährer Wert, der mit dem Kabelquerschnitt und der Länge variieren kann).

Kommt es während der Spannungs- oder Widerstandsmessung zu Fehlern, d.h. es liegt keine Spannung an oder der Widerstand ist zu hoch oder unendlich, müssen die Kabel bis zur nächsten Verbindung zurück verfolgt werden. Vorhandene Verbindungen sind im Schaltplan eingezeichnet. Diese Verbindungen trennen und mit Hilfe einer Widerstandsmessung die Kabel auf Durchgang bzw. einen Masseschluss prüfen. Dazu die Messkabel des Multimeters mit den Kabelenden verbinden. Der gemessene Wert sollte wieder bei ca. 0,1 Ohm liegen. Ist der Widerstand wesentlich höher oder unendlich, liegt eine Kabelunterbrechung oder ein Masseschluss vor. Auf diese Art und Weise kann eine Kabelunterbrechung oder ein Masseschluss zwischen jeder einzelnen Verbindung festgestellt werden.



Prüfung der Raddrehzahlsensoren

Um die Interpretation der gemessenen Werte zu erleichtern, wird kurz erklärt, wie die induktiven Radsensoren aufgebaut sind und die Drehzahl erfasst wird.

Die Raddrehzahlsensoren sind direkt über dem Impulsrad, das mit der Radnabe oder Antriebswelle verbunden ist, angebracht. Der Polstift, der von einer Wicklung umgeben ist, ist mit einem Dauermagneten verbunden, dessen Magnetwirkung bis in das Polrad hineinreicht. Die Drehbewegung des Impulsrades und der damit verbundene Wechsel von Zahn und Zahnücke bewirkt eine Änderung des magnetischen Flusses durch den Polstift und die Wicklung. Dieses sich ändernde Magnetfeld induziert in der Wicklung eine messbare Wechsellspannung. Die Frequenz und Amplituden dieser Wechsellspannung stehen im Verhältnis zur Raddrehzahl.

Prüfung mit dem Multimeter



Widerstandsmessung: Die Steckverbindung des Sensors trennen und mit einem Ohmmeter den Innenwiderstand an den beiden Anschlusspins messen.

Wichtig: Diese Messung nur durchführen, wenn sichergestellt ist, dass es sich um einen Induktivsensor handelt. Ein Hallensensor wird mit einer Widerstandsmessung zerstört.

Der Widerstandswert sollte zwischen 800 Ohm und 1200 Ohm liegen (Sollwerte beachten). Beträgt der Wert 0 Ohm liegt ein Kurzschluss und bei unendlichem Widerstand eine Unterbrechung vor. Eine Masseschlussprüfung, vom jeweiligen Anschlusspin zur Fahrzeugmasse, muss einen unendlichen Widerstandswert ergeben.



Spannungsprüfung: Das Multimeter an den beiden Anschlusspins anschließen. Der Messbereich des Multimeters muss auf Wechselspannung eingestellt werden. Wird das Rad mit der Hand gedreht, erzeugt der Sensor eine Wechselspannung von ca. 100 mV.



Prüfung mit dem Oszilloskop: Mit dem Oszilloskop ist es möglich, das Signal, das vom Sensor erzeugt wird, in einer grafischen Darstellung sichtbar zu machen. Dazu muss das Messkabel des Oszilloskops an die Signalleitung des Sensors und das Massekabel an einen geeigneten Massepunkt angeschlossen werden. Die Einstellung des Oszilloskops sollte bei 200 mV und 50 ms liegen. Durch Drehen des Rades wird – bei intaktem Sensor – auf dem Oszilloskop ein Sinussignal sichtbar. Je nach Raddrehzahl ändert sich die Frequenz und die abgegebene Spannung.



Prüfung des Bremslichtschalters: Der Bremslichtschalter kann mit einer Durchgangsprüfung oder einer Spannungsmessung geprüft werden. Bei der Durchgangsprüfung wird das Multimeter auf einen niedrigen Widerstandswert oder auf akustische Prüfung eingestellt.

Den Anschlussstecker vom Bremslichtschalter trennen und die Messleitungen mit den Anschlusspins des Schalters verbinden. Bei Betätigung des Bremspedals muss ein Widerstand von ca. 0 Ohm angezeigt oder, je nach Einstellung, ein Piepton zu hören sein.

Bei der Spannungsprüfung mit dem Multimeter die Eingangsspannung am Schalter prüfen (Wert = Batteriespannung). Bei betätigtem Bremspedal muss am zweiten Anschlusspin ebenfalls die Batteriespannung anliegen.





Prüfung der Hochdruckpumpe: Den Anschlussstecker von der Hochdruckpumpe abziehen. Mit zwei selbst angefertigten Kabeln die Hochdruckpumpe kurzzeitig mit Batteriespannung versorgen. Beginnt die Pumpe zu arbeiten, kann man davon ausgehen, dass sie in Ordnung ist.

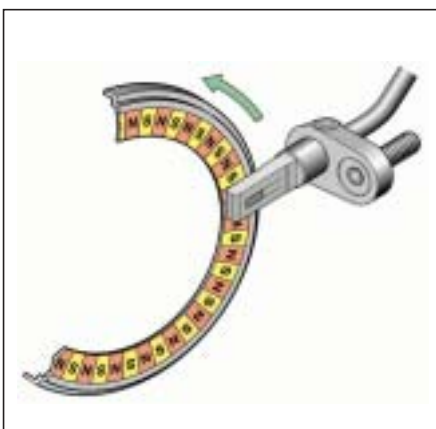
Prüfung mit dem Diagnosegerät: Ist das ABS-System diagnosefähig, können mit einem geeigneten Diagnosegerät der Fehlerspeicher ausgelesen und Datenlisten abgefragt werden.

Datenlisten - ABS			
Firmware: 181 DII: 1.1.17.141			
(Volkswagen Golf III Mark 20 GI 1997 - 9vagabs2 - VOL00568)			
Schnappschuss		Verteigte Datenliste	Nächste Datenliste
Bauteil	Wert	Einheit	Beschreibung
Geschwindigkeitssignal	20	km/h	vorne links
Geschwindigkeitssignal	22	km/h	vorne rechts
Geschwindigkeitssignal	19	km/h	hinten links
Geschwindigkeitssignal	22	km/h	hinten rechts

Wie umfangreich die Datenlisten und damit die zu prüfenden Bauteile sind, ist sehr unterschiedlich. Entscheidend sind die Prüftiefe des Diagnosegerätes und die Prüfmöglichkeiten des Systemherstellers.

Aktive Raddrehzahlsensoren

Zum Abschluss noch eine kurze Information zu "Aktiven Sensoren": Aktive Sensoren gewinnen immer mehr an Bedeutung. Sie haben gegenüber den passiven Sensoren einige Vorteile. Ihre Signale sind sehr viel genauer und sie können Geschwindigkeiten in beide Richtungen bis 0,1 Km/h messen. Diese genauen Messdaten sind für weitere Systeme wie das Navigationssystem, Rückrollsperrern usw. nutzbar. Des weiteren ist ihr Platzbedarf, bedingt durch ihre kompakte Bauweise, wesentlich geringer.



Der Aufbau unterscheidet sich von passiven Sensoren folgendermaßen:

Das Impulsrad ist nicht mehr wie ein Zahnrad aufgebaut, sondern kann zum Beispiel in den Dichtring des Radlagers integriert werden. In den Dichtring werden Magnete eingesetzt, die – ihrer Polarität nach – wechselweise über den Umfang angeordnet werden. Der Dichtring wird damit zum Multipolring. Sobald der Multipolring sich zu drehen beginnt, ändert sich im Sensor ständig der magnetische Fluss durch die Messzelle. Der magnetische Fluss beeinflusst die Spannung, die im Sensor erzeugt wird. Der Sensor ist mit einem zweiadrigen Kabel mit dem Steuergerät verbunden. Die Drehzahlinformation zum Steuergerät wird als Strom übertragen. Die Frequenz des Stroms (ähnlich wie die Frequenz beim induktiven Sensor) ist der Vergleich zur Raddrehzahl. Die Spannungsversorgung des aktiven Sensors – ein weiterer Unterschied zum passiven Sensor – beträgt zwischen 4,5 V und 20 V.

Immer strengere Gesetze machten es notwendig, die Abgasemissionen weiter zu senken. Dies gilt sowohl für Diesel- als auch für Benzinmotoren. Mit Hilfe der sog. Abgasrückführung wird der Ausstoß an Stickoxiden gesenkt. Bei Benzinmotoren wird im Teillastbereich außerdem der Kraftstoffverbrauch reduziert.

Bei hohen Verbrennungstemperaturen entstehen im Brennraum des Motors Stickoxide. Durch die Rückführung eines Teiles des Abgases zur frischen Ansaugluft wird die Verbrennungstemperatur im Brennraum abgesenkt. Aufgrund der niedrigeren Verbrennungstemperatur wird die Entstehung von Stickoxiden vermieden.

Die Höhe der Abgasrückführungsrate bei Diesel- und Benzinmotoren wird durch nachfolgende Tabelle verdeutlicht:

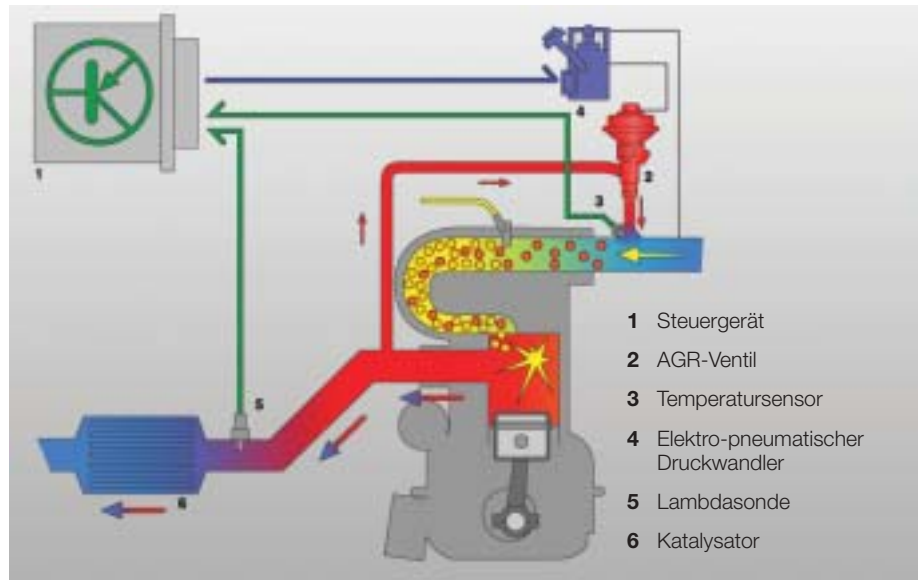
	Diesel	Benzin	Benzin (Direkteinspritzer)
AGR-Rate (max)	50 %	20 %	Bis zu 50 % (je nach Motorbetrieb, homogene oder geschichtete Ladung)
Abgastemperatur, wenn das AGR-System aktiv ist	450 °C	650 °C	450 °C bis zu 650 °C
Warum wird ein AGR-System verwendet?	Stickoxid- und Geräuschreduzierung	Stickoxid- und Verbrauchsreduzierung	Stickoxid- und Verbrauchsreduzierung

Wie erfolgt die Abgasrückführung?

Man unterscheidet zwei Arten der Abgasrückführung: Die „innere“ und „äußere“ Abgasrückführung.

Bei der inneren Abgasrückführung erfolgt die Mischung zwischen Abgas und frischem Gemisch innerhalb des Brennraums. Dies wird bei allen Viertaktmotoren durch die systembedingte Ventilüberschneidung von Einlass- und Auslassventil erreicht. Bedingt durch die Konstruktion ist die Abgasrückführungsrate sehr gering und kann auch nur begrenzt beeinflusst werden. Erst seit der Entwicklung der variablen Ventilsteuerung kann, last- und drehzahlabhängig, aktiv auf die Rückführungsrate Einfluss genommen werden.

AGR-System

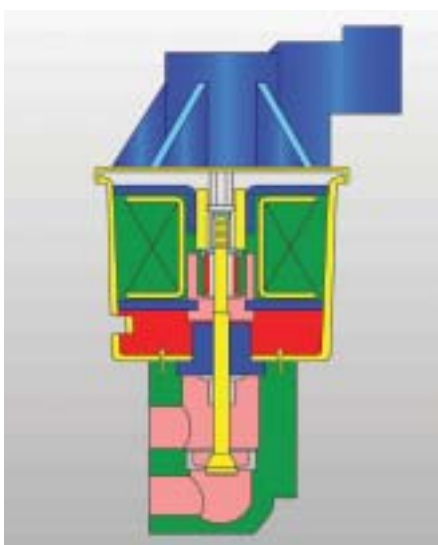


Die äußere Abgasrückführung erfolgt über eine zusätzliche Leitung zwischen dem Abgaskrümmen/-rohr und dem Ansaugkrümmer sowie dem AGR-Ventil.

Die ersten Systeme wurden durch ein Tellerventil gesteuert, das durch eine Unterdruckdose (pneumatischer Antrieb) geöffnet oder geschlossen wird. Dabei diente der Saugrohrdruck als Steuergröße für die Unterdruckdose. Damit war die Stellung des Tellerventils vom Betriebszustand des Motors abhängig.

Um mehr Einfluss auf die Abgasrückführungsrate zu bekommen, wurden pneumatische Rückschlag- und Druckbegrenzungsventile sowie verzögerungsventile eingebaut. Einige Systeme berücksichtigen als Regeldruck für die Unterdruckdose zusätzlich den Abgasgegendruck. In manchen Betriebszuständen wird die Abgasrückführung ganz abgeschaltet. Dies wird durch den Einbau von elektrischen Umschaltventilen in die Steuerleitung ermöglicht.

Trotz dieser Möglichkeiten der Einflussnahme war das System immer abhängig vom Lastzustand des Motors und dem damit verbundenen Saugrohrunterdruck zum Steuern der Unterdruckdose.



Elektrisches AGR-Ventil

Um den Anforderungen moderner Motoren gerecht und unabhängig vom Saugrohrunterdruck zu werden, wurden elektrische Antriebe für die Abgasrückführungsventile entwickelt. Gleichzeitig wurden Sensoren integriert, mit denen die Ventilstellung erkannt wird.

Diese Entwicklungen ermöglichen eine exakte Regelung mit kurzen Stellzeiten. Als elektrischer Antrieb werden heute neben Schrittmotoren, Hub- und Drehmagneten auch Gleichstrommotoren eingesetzt. Auch das eigentliche Regelventil wurde im Laufe der Zeit verändert. Außer Nadel- und Tellerventilen mit unterschiedlichen Größen und Abmessungen kommen heute auch Drehschieber- und Klappenventile zum Einsatz.

Komponenten eines Abgasrückführungssystems



Eingebautes AGR-Ventil



Druckwandler

Auftretende Fehler und Ursachen

Abgasrückführungsventil:

Das Abgasrückführungsventil ist das wichtigste Bauteil des Systems. Es ist die Verbindung zwischen dem Abgasrohr und dem Ansaugtrakt. Je nach Ansteuerung gibt es die Ventilöffnung frei und lässt Abgas in den Ansaugkrümmer strömen.

Das Abgasrückführungsventil gibt es in verschiedenen Ausführungen: Ein- oder Zweimembranenausführung, mit und ohne Lagerückmeldung oder Temperaturfühler und natürlich elektrisch gesteuert.

Lagerückmeldung bedeutet, dass an dem Abgasrückführungsventil ein Potentiometer angebaut ist, welches dem Steuergerät Signale über die Stellung des Ventils gibt. Dies ermöglicht eine genaue Erfassung der zurückgeführten Abgasmenge in jedem Lastzustand. Ein evtl. angebaute Temperaturfühler dient zur Eigendiagnose des Abgasrückführungsventils.

Druckwandler:

Druckwandler haben die Aufgabe, den notwendigen Unterdruck für das Abgasrückführungsventil zu steuern. Sie passen den Unterdruck dem jeweiligen Lastzustand des Motors an, um eine genau festgelegte Rückführungsrate einzuhalten. Ihre Ansteuerung erfolgt mechanisch oder elektrisch.

Thermoventile:

Sie haben eine ähnliche Aufgabe wie die Druckwandler, arbeiten aber temperaturabhängig. Druckwandler und Thermoventile können auch kombiniert werden.

Aufgrund der hohen Belastungen ist das AGR-Ventil sicherlich die größte Fehlerquelle. Durch Ölnebel und Ruß aus dem Abgas versottet das Ventil und der Querschnitt der Ventilöffnung verkleinert sich im Laufe der Zeit, bis hin zum kompletten Verschluss. Dadurch bedingt sinkt ständig die zurückgeführte Abgasmenge, was sich im Abgasverhalten widerspiegelt. Die hohe thermische Belastung begünstigt diesen Vorgang noch. Auch das Schlauchsystem für den Unterdruck ist häufig Ursache für auftretende Fehler. Durch Undichtigkeiten geht der benötigte Unterdruck für das AGR-Ventil verloren und das Ventil öffnet nicht mehr. Ein mangels Unterdruck nicht funktionierendes AGR-Ventil kann natürlich auch durch einen defekten Druckwandler oder ein nicht korrekt arbeitendes Thermoventil verursacht werden.

Um das Abgasrückführungssystem zu prüfen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Diese sind abhängig davon, ob das System eigendiagnosefähig ist oder nicht. Systeme, die nicht eigendiagnosefähig sind, können mit einem Multimeter, einer Handunterdruckpumpe und einem Digitalthermometer geprüft werden.

Bevor aber mit aufwändigen Prüfungen begonnen wird, ist eine Sichtprüfung aller systemrelevanten Bauteile durchzuführen.

Das bedeutet:

- Sind alle Unterdruckleitungen dicht, richtig angeschlossen und ohne abgknickt zu sein verlegt?
- Sind alle elektrischen Anschlüsse am Druckwandler und Umschalter richtig angeschlossen? Sind die Kabel in Ordnung?
- Gibt es Undichtigkeiten am AGR-Ventil oder den angeschlossenen Leitungen?

Wird bei der Sichtprüfung kein Mangel festgestellt, muss mit weiteren Tests und Messungen das System geprüft werden.

Prüfung von unterdruck-gesteuerten AGR-Ventilen an Ottomotoren

Bei der Prüfung von unterdruckgesteuerten AGR-Ventilen gilt folgende Vorgehensweise:

Ventile mit einer Membran

Bei abgestelltem Motor die Unterdruckleitung abziehen und die Handunterdruckpumpe anschließen. Einen Unterdruck von ca. 300 mbar erzeugen. Ist das Ventil in Ordnung, darf der Druck innerhalb von 5 Minuten nicht abfallen. Bei laufendem, betriebswarmen Motor die Prüfung wiederholen. Bei einer Druckdifferenz von ca. 300 mbar muss sich der Leerlauf verschlechtern oder der Motor ausgehen.

Ist das Ventil mit einem Temperaturfühler ausgestattet, kann dieser ebenfalls geprüft werden. Dazu den Temperaturfühler ausbauen und den Widerstand messen. Die ungefähren Widerstandswerte bei den einzelnen Temperaturen sind in folgender Tabelle aufgelistet:

Temperatur	Widerstand
20°C	> 1000 k Ω
70°C	160 - 280 k Ω
100°C	60 - 120 k Ω

Nutzen Sie zum Erwärmen eine Heißluftpistole oder heißes Wasser. Mit dem Digitalthermometer prüfen Sie die Temperatur, um die gemessenen Werte mit den Sollwerten zu vergleichen.

Ventile mit zwei Membranen

Ventile mit seitlich versetzten Unterdruckanschlüssen werden nur durch einen Anschluss geöffnet. Diese können übereinander oder seitlich versetzt auf einer Ebene angeordnet sein. Ventile, deren Unterdruckanschlüsse übereinander angeordnet sind, arbeiten zweistufig. Über den oberen Anschluss wird das Ventil zum Teil, über den unteren Anschluss komplett geöffnet. Ventile mit seitlich versetzten Unterdruckanschlüssen werden nur durch einen Anschluss geöffnet. Die Kennzeichnung der Anschlüsse erfolgt durch eine Farbmarkierung. Dabei sind folgende Kombinationen möglich:

- Schwarz und braun
- Rot und braun
- Rot und blau

An dem rot oder schwarz markierten Anschluss wird die Unterdruckversorgung angeschlossen.

Die Dichtigkeitsprüfungen erfolgen unter den gleichen Bedingungen wie bei den Ventilen mit einer Membran, sind aber an beiden Unterdruckanschlüssen durchzuführen. Um die Unterdruckversorgung des Ventils zu prüfen, kann die Handunterdruckpumpe als Manometer verwendet werden. Sie wird an die Versorgungsleitung des AGR-Ventils angeschlossen. Bei laufendem Motor wird der vorherrschende Unterdruck angezeigt. Bei Ventilen mit übereinander angeordneten Anschlüssen ist die Handunterdruckpumpe an der Leitung des unteren Anschlusses anzuschließen, bei seitlich versetzt angeordneten Anschlüssen an der Leitung des roten oder schwarzen Anschlusses.

AGR-Ventile an Dieselmotoren

AGR-Ventile an Dieselmotoren lassen sich auf dieselbe Weise prüfen wie bei Ottomotoren:

Bei abgestelltem Motor ist mit der Handunterdruckpumpe ein Unterdruck von ca. 500 mbar zu erzeugen. Dieser Unterdruck muss für 5 Minuten gehalten werden und darf nicht abfallen. Es kann ebenfalls eine Sichtprüfung vorgenommen werden. Dazu wieder mit der Handunterdruckpumpe über den Unterdruckanschluss einen Unterdruck erzeugen. Durch die Öffnungen die Ventilstange (Verbindung zwischen Membran und Ventil) beobachten. Sie muss sich gleichmäßig mit dem Betätigen der Handunterdruckpumpe bewegen.

Dichtigkeitsprüfung eines AGR-Ventils



AGR-Ventile mit Potentiometer

Einige AGR-Ventile besitzen ein Potentiometer zur Lagerückmeldung des Ventils. Die Prüfung des AGR-Ventils erfolgt wie oben beschrieben. Bei der Prüfung des Potentiometers ist folgendermaßen vorzugehen:

Den 3-poligen Stecker abziehen und mit einem Multimeter den Gesamtwiderstand an Pin 2 und Pin 3 des Potentiometers messen. Der gemessene Wert muss zwischen 1500 Ohm und 2500 Ohm liegen. Um den Widerstand der Schleifbahn zu messen, muss das Multimeter an Pin 1 und Pin 2 angeschlossen werden. Mit der Handunterdruckpumpe das Ventil langsam öffnen. Der gemessene Wert beginnt bei ca. 700 Ohm und steigt bis auf 2500 Ohm an.

Prüfung von Druckwandlern, Umschaltventilen und Thermoventilen

Prüfung eines Druckwandlers

Prüfung von mechanischen Druckwandlern:

Bei dieser Prüfung wird die Handunterdruckpumpe nicht zum Unterdruck erzeugen genutzt, sondern als Manometer angewendet. Den Unterdruckschlauch vom Druckwandler zum AGR-Ventil am Druckwandler abziehen und die Unterdruckpumpe anschließen. Den Motor starten und das Gestänge vom Druckwandler langsam bewegen. Die Anzeige des Manometers der Unterdruckpumpe muss sich dementsprechend bewegen.

Prüfung von elektro-pneumatischen Druckwandlern:

Auch hier wird die Handunterdruckpumpe wieder als Manometer genutzt. Der Anschluss am elektro-pneumatischem Druckwandler erfolgt wieder an dem Unterdruckanschluss der zum AGR-Ventil führt. Den Motor starten und den Stecker vom elektrischen Anschluss des Druckwandlers abziehen. Der angezeigte Unterdruck auf dem Manometer darf 60 mbar nicht überschreiten. Den Stecker wieder aufstecken und die Motordrehzahl erhöhen. Der angezeigte Wert auf dem Manometer muss gleichzeitig ansteigen.



Um den Widerstand der Wicklung des Druckwandlers zu prüfen, den elektrischen Anschlussstecker wieder abziehen und ein Multimeter an den beiden Anschlusspins anschließen. Der Widerstandswert sollte zwischen 4 Ohm und 20 Ohm liegen.

Um die Ansteuerung des Druckwandlers zu prüfen, das Multimeter an die Anschlüsse des Steckers anschließen und den angezeigten Spannungswert beobachten. Dieser muss sich mit der Veränderung der Motordrehzahl ebenfalls ändern.

Widerstandsmessung am Druckwandler



Prüfung von elektrischen Druckwandlern:

Die Prüfung von elektrischen Druckwandlern ist identisch mit der Prüfung von Elektro-Umschaltventilen.

Prüfung von Elektro-Umschaltventilen:

Elektro-Umschaltventile verfügen über drei Unterdruckanschlüsse. Sollten nur zwei Anschlüsse belegt sein, ist der dritte Anschluss mit einer Verschlusskappe versehen, die nicht abdichten darf.

Zur Prüfung kann mit der Handunterdruckpumpe eine Durchgangsprüfung an den Ausgangsleitungen des Umschaltventils durchgeführt werden. Dazu die Unterdruckpumpe an eine Ausgangsleitung anschließen. Kann ein Unterdruck erzeugt werden, muss das Umschaltventil mit Spannung versorgt werden. Wichtig: Ist am Anschluss des Umschaltventils die Polarität der Anschlüsse (+ und -) vorgegeben, dürfen diese nicht verwechselt werden. Ist das Umschaltventil mit Spannung beaufschlagt, muss es umschalten und der erzeugte Unterdruck wird abgebaut. Die gleiche Prüfung für den anderen Anschluss wiederholen.

Prüfung von Thermoventilen:

Zum Prüfen von Thermoventilen müssen die Unterdruckschläuche abgezogen werden. Am Mittelanschluss die Handunterdruckpumpe anschließen. Bei kaltem Motor darf das Thermoventil keinen Durchgang haben. Hat der Motor Betriebstemperatur, muss das Ventil den Durchgang öffnen. Um unabhängig von der Motortemperatur zu sein, kann das Thermoventil ausgebaut werden und in einem Wasserbad oder mit dem Heißluftfön erhitzt werden. Dabei ist ständig die Temperatur zu überwachen, um die Schaltpunkte herauszufinden.

Alle hier aufgeführten Prüfwerte sind ungefähre Angaben.
Um exakte Angaben zu erhalten, müssen fahrzeugspezifische Anschlusspläne und Prüfwerte vorliegen.

Prüfung mit einem Diagnosegerät

Diagnosefähige AGR-Systeme können mit einem geeigneten Diagnosegerät geprüft werden. Dabei ist wieder entscheidend, wie tief die Prüftiefe des verwendeten Gerätes und des zu prüfenden Systems ist. Teilweise ist es nur möglich den Fehlerspeicher auszulesen, teilweise können aber auch Messwertblöcke ausgelesen und ein Stellgliedtest durchgeführt werden.

AGR-Datenliste

Bauteil	Wert	Einheit	Beschreibung
Drehzahl	2693	rpm	
Luftmassenmesser	280.0	mg/h	[Sollwert]
Luftmassenmesser	545.0	mg/h	[Istwert]
EGR Ventil	29 %		

AGR-Stellgliedtest



Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass Bauteile mit geprüft werden, die nur indirekt Einfluss auf das AGR-System haben.

Zum Beispiel der Luftmassenmesser oder Motortemperaturfühler. Bekommt das Steuergerät einen falschen Wert vom Luftmassenmesser, wird auch die zurückzuführende Abgasmenge falsch berechnet. Dadurch kann es zu einer Verschlechterung der Abgaswerte und massiven Motorlaufproblemen kommen.

Bei elektrischen AGR-Ventilen ist es möglich, dass während der Diagnose keine Fehler angezeigt werden und auch ein Stellgliedtest keinen Aufschluss über Probleme gibt. In diesem Fall kann das Ventil stark verschmutzt sein und die Ventilöffnung nicht mehr den vom Steuergerät geforderten Querschnitt freigeben.

Es ist daher ratsam, das AGR-Ventil auszubauen und auf Verschmutzungen zu prüfen.

Kraftstoffdampfrückhalte- und -rückführungssystem / Aktivkohlebehälter

Allgemeines

Bei abgestellten Fahrzeugen verdunstet der Kraftstoff und entweicht über die Tankentlüftung in die Umgebung. Um diese Belastung zu vermeiden, besitzen Fahrzeuge mit geregelten Gemischaufbereitungsanlagen ein Kraftstoffdampfrückhalte- und -rückführungssystem. Ein wichtiges Bauteil dieses Systems ist der Aktivkohlebehälter.

Funktion



Aktivkohlebehälter

Der Aktivkohlebehälter ist mit der Tankbelüftung verbunden. Die Aktivkohle speichert den verdunsteten Kraftstoff. Beim Motorstart wird der gespeicherte Kraftstoff in die Gemischaufbereitung mit einbezogen. In der Verbindungsleitung zwischen Ansaugrohr und Aktivkohlebehälter befindet sich ein Taktventil. Sobald die Lambda-Regelung aktiv ist, wird das Taktventil angesteuert und gibt die Leitung zwischen Saugrohr und Aktivkohlebehälter frei. Durch den Unterdruck im Saugrohr wird durch eine Öffnung im Aktivkohlebehälter Umgebungsluft angesaugt. Diese strömt durch die Aktivkohle und reißt den gespeicherten Kraftstoff mit. Da das System Einfluss auf die Gemischzusammensetzung nimmt, wird es erst aktiv, wenn die Lambda-Regelung arbeitet.

Auswirkungen bei Ausfall



Taktventil

Ein Ausfall des Systems kann sich folgendermaßen äußern:

- Abspeichern eines Fehlercodes
- Schlechter Motorlauf
- Benzingeruch durch austretende Kraftstoffdämpfe

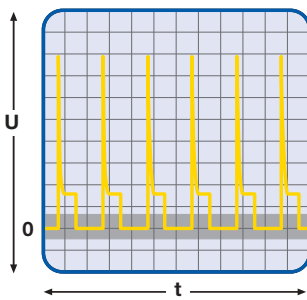
Ein nicht funktionierendes System kann verschiedene Ursachen haben:

- Fehlende Ansteuerung durch das Steuergerät
- Defektes Taktventil
- Mechanische Zerstörung (Unfall)
- Defekte Leitungen

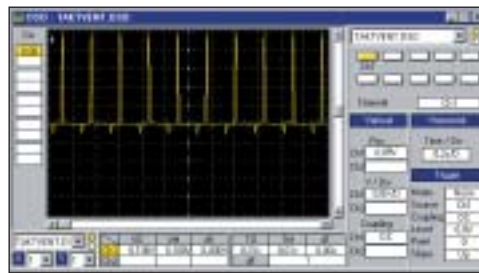
Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollte folgendes berücksichtigt werden:

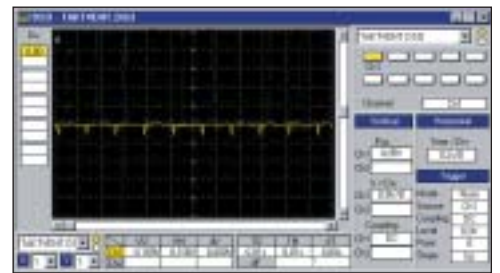
- Aktivkohlebehälter auf Beschädigungen prüfen.
- Schläuche, Leitungen und Anschlüsse auf Beschädigungen und korrekten Sitz/Montage prüfen.
- Taktventil auf Beschädigungen prüfen.
- Elektrische Anschlüsse vom Taktventil auf Beschädigungen und korrekte Montage prüfen.
- Masse und Spannungsversorgung prüfen. Dazu den Stecker am Taktventil abziehen. Bei betriebswarmem Motor muss eine Spannung von ca. 11 – 14 Volt anliegen (Motor muss warm sein, damit die Lambda-Regelung aktiv ist – ansonsten kann das Taktventil nicht angesteuert werden).
- Prüfung mit dem Oszilloskop: Messleitung vom Oszilloskop an der Masseleitung vom Taktventil anschließen. Messbereich einstellen, X-Achse = 0,2 Sekunden, Y-Achse = 15 Volt. Signal siehe Bild.



Taktventil Optimalbild



Livebild Taktventil ok



Livebild Taktventil mit Fehler

In dieser Ausgabe werden die neueren Zündsysteme

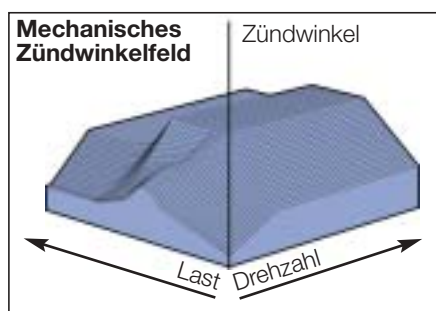
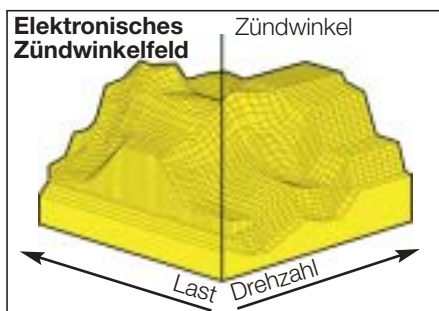
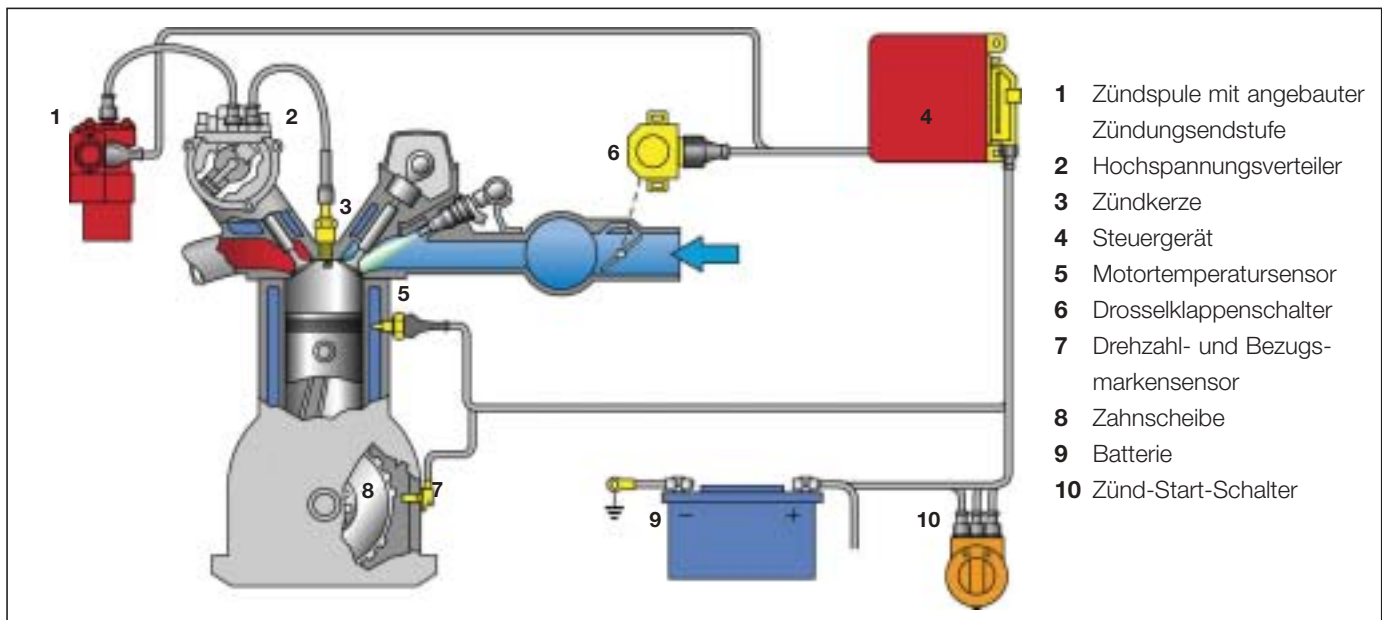
- elektronische Zündung (EZ) und
 - vollelektronische Zündung (VZ)
- erklärt.

Es wird auf Aufbau und Funktion eingegangen und mögliche Fehler und Diagnosemöglichkeiten werden aufgezeigt.

Elektronische Zündung

Um den Anforderungen eines optimalen Motorbetriebes noch gerechter zu werden, reichen die einfachen Verstellkennlinien der Fliehkraft- und Unterdruckverstellung eines herkömmlichen Zündverteilers nicht mehr aus.

Bei der elektronischen Zündung werden daher zur Bestimmung des Zündzeitpunkts Sensorsignale verwendet. Diese machen die mechanische Zündverstellung überflüssig. Für die Auslösung der Zündung wird ein Drehzahlsignal und zusätzlich ein Lastsignal im Steuergerät ausgewertet. Mit diesen Werten wird die optimale Zündverstellung berechnet und durch das Ausgangssignal zum Schaltgerät weitergegeben.



Das vom Unterdrucksensor erzeugte Signal wird von der Zündung als Lastsignal verwendet. Mit diesem Signal und dem Drehzahlsignal wird ein dreidimensionales Zündwinkelfeld erzeugt. Dieses Kennfeld ermöglicht es für jeden Drehzahl- und Lastzustand den bestmöglichen Zündwinkel zu programmieren.

In einem Kennfeld sind bis zu 4000 verschiedene Zündwinkel vorhanden. So gibt es verschiedene Kennlinien für bestimmte Betriebszustände. Wenn die Drosselklappe geschlossen ist, wird eine Kennlinie für den Leerlauf/Schubbetrieb gewählt. Damit ist es möglich, den Leerlauf zu stabilisieren und im Schubbetrieb das Fahrverhalten und die Abgaswerte zu berücksichtigen. Bei Vollast wird der günstigste Zündwinkel unter Berücksichtigung der Klopfgrenze gewählt.

Eingangssignale



Kurbelwellensensor

Die beiden wichtigsten Größen zur Bestimmung des Zündzeitpunktes, sind die Drehzahl und der Saugrohrdruck. Es gibt aber noch einige andere Signale, die zur Korrektur des Zündzeitpunktes vom Steuergerät erfasst und ausgewertet werden:

Drehzahl und Stellung der Kurbelwelle

Um die Drehzahl und die Stellung der Kurbelwelle zu erfassen, wird häufig ein induktiver Sensor verwendet, der einen Zahnkranz an der Kurbelwelle abtastet. Durch die erzeugte magnetische Flussänderung, wird eine Wechsellspannung induziert, die vom Steuergerät ausgewertet wird. Zur Ermittlung der Kurbelwellenstellung hat dieser Zahnkranz eine Lücke. Diese wird aufgrund des sich ändernden Signals vom Steuergerät erkannt.

Saugrohrdruck (Last)

Um den Saugrohrdruck zu erfassen wird ein Saugrohrdrucksensor verwendet. Er ist mit einem Schlauch mit dem Saugrohr verbunden. Neben dieser "indirekten Saugrohrdruckmessung" eignen sich besonders die angesaugte Luftmasse oder Luftmenge pro Zeiteinheit zur Bestimmung der Last. Bei Motoren mit einer elektronischen Einspritzung kann deshalb das Signal, das die Einspritzanlage nutzt, auch von der Zündung genutzt werden.

Stellung der Drosselklappe

Die Stellung der Drosselklappe wird durch den Drosselklappenschalter ermittelt. Er liefert ein Schaltsignal bei Leerlauf oder Volllast.

Temperatur

Mit einem Temperatursensor, der in den Kühlkreislauf des Motors eingebaut ist, wird die Motortemperatur ermittelt und als Signal an das Steuergerät weitergeleitet. Zusätzlich, oder anstelle der Motortemperatur, kann durch einen weiteren Sensor die Ansauglufttemperatur ermittelt werden.

Batteriespannung

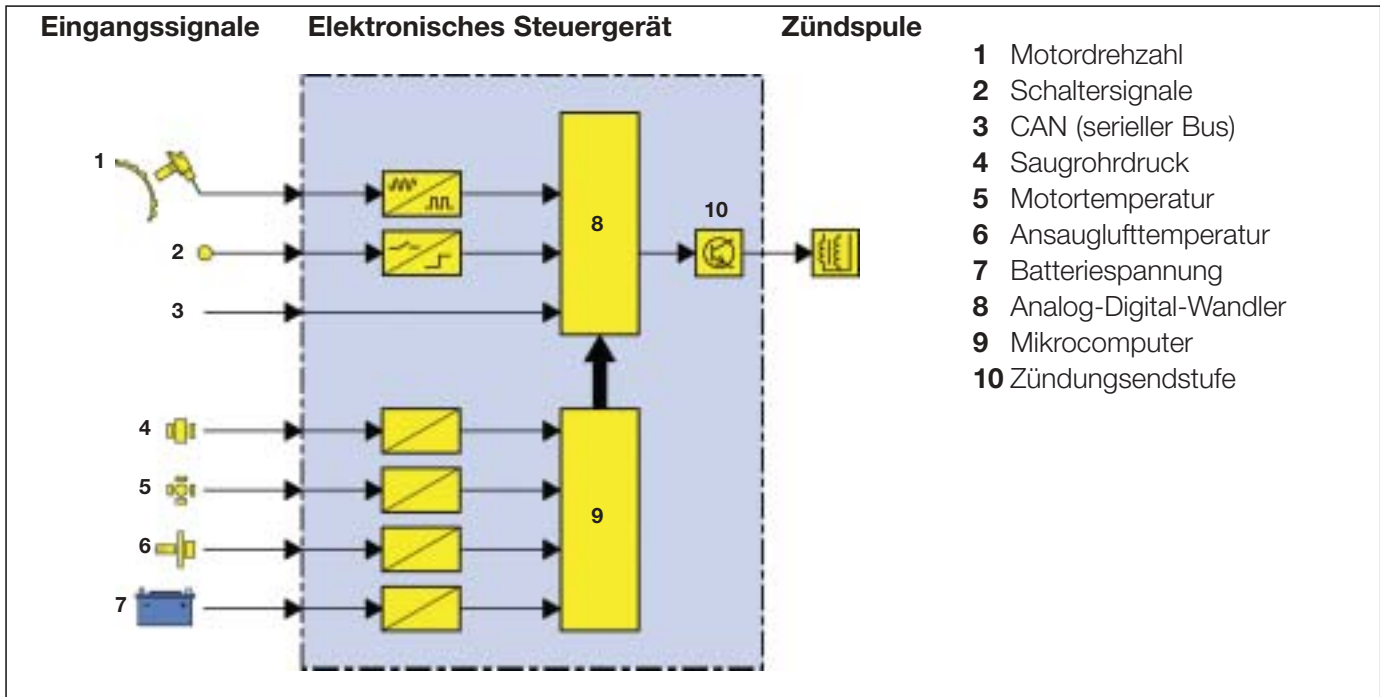
Auch die Batteriespannung wird vom Steuergerät als Korrekturgröße berücksichtigt.

Verarbeitung der Signale

Die digitalen Signale des Kurbelwellensensors (Drehzahl und Stellung der Kurbelwelle) sowie des Drosselklappenschalters werden direkt vom Steuergerät verarbeitet. Die analogen Signale vom Saugrohrdruck- und Temperatursensor sowie die Batteriespannung werden im Analog - Digitalwandler in digitale Signale umgewandelt. Im Steuergerät wird für jede Zündung in jedem Betriebszustand des Motors der Zündzeitpunkt berechnet und aktualisiert.

Ausgangssignal Zündung

Durch eine Leistungsendstufe im Steuergerät wird der Primärkreis der Zündspule geschaltet. Durch Steuerung der Schließzeit wird erreicht, dass die Sekundärspannung fast konstant bleibt. Unabhängig von der Motordrehzahl und der Batteriespannung.



Um für jeden Drehzahl- und Batteriespannungspunkt eine neue Schließzeit bzw. einen neuen Schließwinkel zu bestimmen, ist ein weiteres Kennfeld erforderlich: das Schließwinkelkennfeld.

Es ist ähnlich aufgebaut wie das Zündwinkelkennfeld. Über die Achsen – Drehzahl, Batteriespannung und Schließwinkel – wird ein dreidimensionales Netz gespannt aus dem sich die jeweilige Schließzeit errechnet.

Mit der Anwendung eines solchen Schließwinkelkennfeldes, ist es möglich, die gespeicherte Energie in der Zündspule ähnlich fein zu dosieren wie bei einer Schließwinkelregelung.

Weitere Ausgangssignale

Außer der Zündungsendstufe können durch das Steuergerät weitere Signale ausgegeben werden. Dies können Drehzahlsignale und Zustandssignale für andere Steuergeräte sein – beispielsweise für die Einspritzung sowie Diagnose- oder Schaltsignale für Relais.

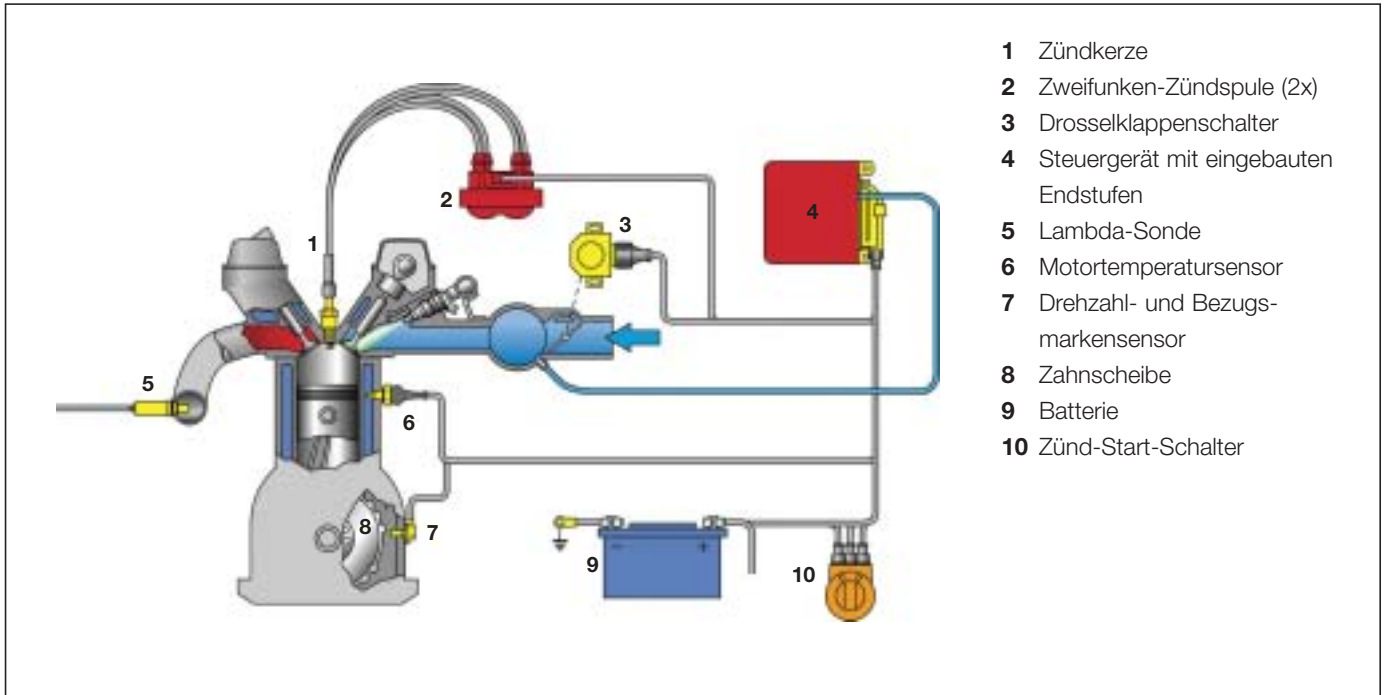
Die elektronische Zündung eignet sich besonders zur Kombination mit anderen Motorsteuerungsfunktionen. Mit einer elektronischen Einspritzung kombiniert ergibt sich in einem Steuergerät die Grundausführung der Motronic.

Auch die Kombination einer elektronischen Zündung mit einer Klopfregelung ist mittlerweile Standard, da durch die Spätverstellung des Zündwinkels am einfachsten, schnellsten und sichersten das Motorklopfen verhindert werden kann.

Vollelektronische Zündung

Die vollelektronische Zündung unterscheidet sich von der elektronischen Zündung durch die Hochspannungsverteilung.

Die elektronische Zündung arbeitet mit einer rotierenden Hochspannungsverteilung – dem Zündverteiler – während die vollelektronische Zündung mit einer ruhenden bzw. elektronischen Hochspannungsverteilung arbeitet.



Daraus ergeben sich einige Vorteile:

- Es werden keine rotierenden Teile mehr benötigt.
- Ein geringerer Geräuschpegel.
- Es treten wesentlich geringere Störpegel auf, da es keine offenen Funken mehr gibt.
- Die Zahl der Hochspannungsleitungen verringert sich.
- Es ergeben sich konstruktive Vorteile für die Motorenbauer.

Spannungsverteilung bei der vollelektronischen Zündung



Zweifunken-Zündspulen

Bei Systemen mit Zweifunken-Zündspulen werden jeweils zwei Zündkerzen von einer Zündspule mit Hochspannung versorgt. Da die Zündspule zwei Funken gleichzeitig erzeugt, muss sich eine Zündkerze im Arbeitstakt des Zylinders und die andere um 360° versetzt im Ausstoßtakt befinden.

Bei einem Vierzylindermotor zum Beispiel sind die Zylinder 1 und 4, sowie 2 und 3 jeweils an eine Zündspule angeschlossen. Angesteuert werden die Zündspulen von den Zündungsendstufen im Steuergerät. Dieses erhält von dem Kurbelwellensensor das OT-Signal um mit der Ansteuerung der richtigen Zündspule zu beginnen.

Einzelfunken-Zündspulen

Bei Systemen mit Einzelfunken-Zündspulen ist jedem Zylinder eine Zündspule zugeordnet. Diese Zündspulen sind in der Regel direkt am Zylinderkopf über der Zündkerze eingebaut. Die Ansteuerung erfolgt in der vom Steuergerät festgelegten Reihenfolge.

Das Steuergerät einer Einzelfunkenanlage benötigt neben dem Kurbelwellensensor auch einen Nockenwellensensor um zwischen dem Verdichtungs- und Gaswechsel-OT zu unterscheiden. Die Schaltung einer Einzelfunkenspule entspricht der einer herkömmlichen Zündspule.



Als zusätzliches Bauteil gibt es im Sekundärstromkreis eine Hochspannungsdiode zur Unterdrückung des sogenannten Schließfunken. Dieser unerwünschte Funke, der beim Einschalten der Primärwicklung durch eine Selbstinduktionsspannung in der Sekundärwicklung entsteht, wird durch die Diode unterdrückt. Das ist möglich, da die Sekundärspannung des Schließfunken eine entgegengesetzte Polarität wie der Zündfunken hat. In diese Richtung sperrt die Diode.

Bei Einzelfunkenspulen wird der zweite Ausgang der Sekundärwicklung über die Klemme 4a auf Masse gelegt. Um die Zündung überwachen zu können, wird in die Masseleitung ein Messwiderstand eingebaut, der den Spannungsabfall, den der Zündstrom während des Funkenüberschlags erzeugt, misst.

Einzelfunkenspulen gibt es in verschiedenen Ausführungen. Zum Beispiel als einzelne Zündspule (z.B. BMW) oder als Spulenblock, bei dem einzelne Spulen in einem Kunststoffgehäuse zusammengefasst sind (z.B. Opel).

Auftretende Fehler und Diagnose

In der Regel gibt es einige Fehler, die sich in allen Arten von Zündanlagen wiederholen und immer wieder vorkommen.

Diese Fehler reichen vom Extrem, dass der Motor nicht mehr anspringt oder immer wieder ausgeht bis zu Aussetzern, Ruckeln, Fehlzündungen oder Leistungsmangel. Auftreten können diese Fehler unter allen oder nur unter bestimmten Betriebszuständen sowie äußeren Bedingungen, zum Beispiel wenn der Motor heiß oder kalt ist oder bei Feuchtigkeit.



Treten in einem Zündsystem Fehler auf, ist unter Umständen eine langwierige Fehlersuche erforderlich. Um sich unnötige Arbeit zu ersparen, sollte aber auch hier wieder mit einer Sichtprüfung des Systems begonnen werden:

- Sind alle Kabel und Stecker richtig angeschlossen und verlegt?
- Sind alle Kabel in Ordnung (z.B. Marderverbiss)?
- Sind die Zündkerzen, Kabel und Stecker in Ordnung?
- Ist der Zustand des Zündverteilers und des Verteilerläufers in Ordnung?
- Sind evtl. vorhandene Massekabel angeschlossen/oxidiert?

Sind bei der Sichtprüfung keine Fehler oder Mängel zu erkennen, empfiehlt sich eine Prüfung der Zündanlage mit dem Oszilloskop. Bei der Auswertung der Primär- und Sekundäroszillogramme lassen sich Aussagen über alle Teile der Zündanlage machen.

Anschluss des Oszilloskops

Bei einer elektronischen Zündung mit einer rotierenden Spannungsverteilung ist der Anschluss des Oszilloskops in der Regel kein Problem. Hier sind alle Hochspannungskabel zugänglich. Die Anschlusskabel des Oszilloskop für Klemme 4 und die Triggerzange können direkt angeschlossen werden. Dies gilt auch für Einzelfunkenspulen, die nicht auf den Zündkerzen verbaut sind. Auch hier sind die Hochspannungskabel in der Regel zugänglich.



Problematischer wird es bei Einzelfunkenspulen, die direkt mit den Zündkerzen verbaut sind. Mit einem Adapterkabelsatz ist es möglich, für alle Zylinder gleichzeitig das Primär- und Sekundäroszillogramm aufzunehmen (z.B. BMW). Ist kein Adapterkabelsatz vorhanden, kann man durch Anfertigen eines Zwischenkabels trotzdem die Möglichkeit schaffen, das Sekundäroszillogramm aufzunehmen. Das Zwischenkabel wird aus einem zur Zündkerze passenden Zündkerzenstecker, einem Stück Zündkabel und dem passenden Anschluss zur Zündspule erstellt. Die Zündspule abziehen und das angefertigte Kabel zwischen Zündkerze und Spule anschließen.

An das Zwischenkabel kann die Sekundärzange angeschlossen werden. Das Oszilloskopbild kann gespeichert und der Vorgang für alle anderen Zylinder wiederholt werden. Es ist möglich, die gespeicherten Bilder abschließend zu vergleichen.

Ist in der Einzelfunkenspule die Endstufe (z.B. VW FSI) untergebracht, kann keine Primärspannung mehr gemessen werden. Das Steuergerät schickt nur noch Steuerimpulse an die Zündspule. In diesem Fall kann mit einer Strommesszange an der Plus- oder Masseleitung der Zündspule der Primärstrom gemessen werden. Zur Messung der Sekundärspannung muss wieder ein Zwischenkabel benutzt werden, an dem der Anschluss des Oszilloskops erfolgt. Diese Zündanlagen sind mit einer Aussetzererkennung ausgestattet, die evtl. auftretende Zündaussetzer erkennt. Bei Fahrzeugen mit einer Doppelzündung und Einzelfunkenspulen (z.B. Smart) kann mit einem Zweikanaloszilloskop ebenfalls die Primär- oder Sekundärspannung aufgezeichnet werden.

Weitere Prüfungen von Einzelfunkenspulen

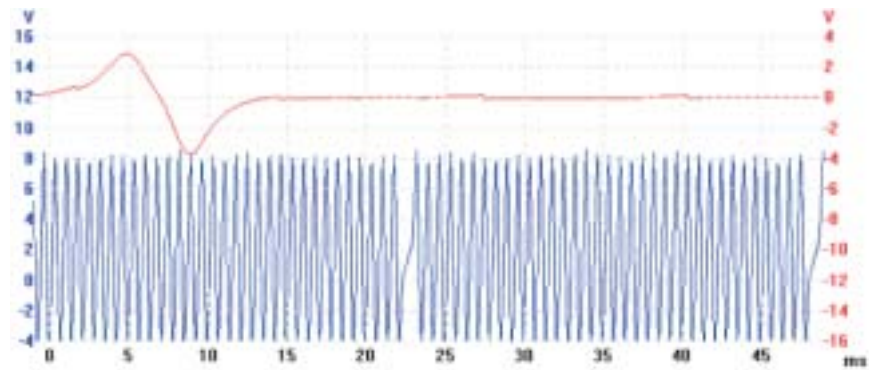
Eine weitere Prüfmöglichkeit ist die Widerstandsmessung. Das Problem bei Einzelfunkenspulen mit einer Hochspannungsdiode ist, dass nur die Messung des Primärbereichs möglich ist. Da der Spannungsabfall an der Diode in Durchlassrichtung so hoch ist, kann sekundärseitig keine Aussage getroffen werden.



Man kann sich in diesem Fall folgendermaßen weiterhelfen: Durch Anschließen eines Voltmeters in Reihe zur Sekundärwicklung der Zündspule an eine Batterie. Wird die Batterie in Durchlassrichtung der Diode angeschlossen, muss das Voltmeter eine Spannung anzeigen. Nach dem Umpolen der Anschlüsse in Sperrrichtung der Diode darf keine Spannung mehr angezeigt werden. Wird in beide Richtungen keine Spannung angezeigt, kann man von einer Unterbrechung im Sekundärbereich ausgehen. Wird in beide Richtungen eine Spannung angezeigt, ist die Hochspannungsdiode defekt.

Prüfung der Sensoren

Da die Signale des Kurbelwellen- und Nockenwellensensors für die Funktion der elektronischen Zündung unbedingt erforderlich sind, ist deren Prüfung während einer Fehlersuche sehr wichtig. Auch hier kann wieder mit einem Oszilloskop das Signal aufgezeichnet werden. Ein Zweikanaloszilloskop ermöglicht es, die beiden Signale gleichzeitig aufzuzeichnen und darzustellen.



Nockenwellensensor vs. Kurbelwellensensor

Ein weiterer wichtiger Sensor zur Festlegung des Zündzeitpunktes ist der Klopfsensor. Auch der Klopfsensor kann mit dem Oszilloskop geprüft werden. Dazu das Oszilloskop anschließen und mit einem metallischen Gegenstand (Hammer, Schraubenschlüssel) im Bereich des Sensors leicht auf den Motorblock schlagen.

Prüfungen mit einem Diagnosegerät



Je nach Fahrzeugsystem und Diagnosegerät ist es möglich, Fehler im Zündsystem zu erkennen. Defekte Sensoren oder eine ausgefallene Zündspule – wenn eine Aussetzerkontrolle vorhanden ist – können im Fehlerspeicher abgelegt sein.

Bei allen Prüfarbeiten an der Zündanlage darf nicht außer Acht gelassen werden, dass Fehler die während einer Prüfung mit dem Oszilloskop festgestellt werden, nicht nur auf ein Problem mit der Elektronik zurückzuführen sind, sondern auch im mechanischen Bereich des Motors ihre Ursache haben können. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn bei einem Zylinder die Kompression zu niedrig ist und dadurch die angezeigte Zündspannung auf dem Oszilloskop nicht so hoch ist wie bei den anderen Zylindern.

An die heutigen Automobile werden immer höhere Erwartungen gestellt. Die Anforderungen an die Fahrsicherheit, den Fahrkomfort, die Umweltverträglichkeit und die Wirtschaftlichkeit nehmen stetig zu.

Die Entwicklungszeiten für neue Technologien werden kürzer, die Ziele der Entwickler immer ehrgeiziger. Das ist der berühmte Fortschritt und das ist auch gut so. Ihm verdanken wir solche Entwicklungen, wie z.B. ABS, Airbag, vollautomatische Klimaanlage, um nur einige Beispiele aus dem Meer an technischen Neuentwicklungen herauszugreifen, die in den letzten zehn Jahren in das Automobil eingeflossen sind.

Durch diese Entwicklung steigt auch der Anteil an elektronischen Systemen. Bei modernen Fahrzeugen arbeiten je nach Fahrzeugklasse und Ausstattung zwischen 25 und 60 elektronische Steuergeräte, die alle verkabelt werden wollen.

Bei der konventionellen Art der Verkabelung würden die Kabel, Stecker und Sicherungskästen gewaltige Ausmaße annehmen, was aufwändige Produktionsprozesse zur Folge hätte. Ganz zu schweigen von den Problemen, die bei der Fehlerdiagnose an solchen Fahrzeugen entstehen würden. Dann beginnt für den Mechaniker oft eine mühselige und langwierige Fehlersuche, die vom Kunden teuer bezahlt werden muss. Auch der Datenaustausch der Steuergeräte untereinander stößt bei dieser Technik an die Grenze des Machbaren.

Im Jahre 1983 stellte daher die Automobilindustrie die Forderung nach einem Kommunikationssystem, das in der Lage wäre, die Steuergeräte miteinander zu vernetzen und den erforderlichen Datenaustausch zu realisieren. Folgende Eigenschaften sollte das System erfüllen:

- Günstiger Preis für die Serienanwendung
- Echtzeitfähigkeit für schnelle Vorgänge
- Hohe Zuverlässigkeit
- Hohe Sicherheit gegen elektromagnetische Störungen

Das verbreitetste Bussystem ist der CAN-Datenbus.

- 1983 Beginn der CAN-Entwicklung (Bosch).
- 1985 Beginn der Kooperation mit Intel zur Chipentwicklung.
- 1988 Der erste CAN-Serientyp von Intel ist verfügbar.
Mercedes-Benz beginnt mit der CAN-Entwicklung im KFZ- Bereich.
- 1991 Erster Einsatz von CAN in einem Serienfahrzeug (S-Klasse).
- 1994 Ein internationaler Standard für CAN wird eingeführt (ISO 11898).
- 1997 Erster Einsatz von CAN im Innenraum (C-Klasse).
- 2001 Einzug von CAN in Kleinwagen (Opel Corsa) im Triebstrang und Karosseriebereich.

Geschichte des CAN-Datenbusses:

Was bedeutet CAN?

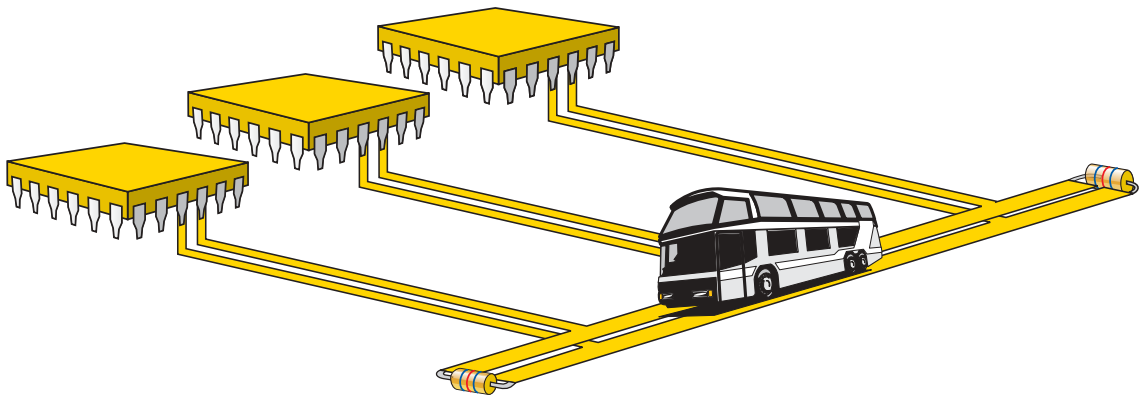
CAN steht für Controller Area Network

Vorteile des CAN-Datenbusses:

- Datenaustausch in alle Richtungen zwischen mehreren Steuergeräten.
- Mehrfachnutzung von Sensorsignalen möglich.
- Sehr schnelle Datenübertragung.
- Niedrige Fehlerquote durch viele Kontrollen im Datenprotokoll.
- Für Erweiterungen sind meistens nur Softwareänderungen nötig.
- CAN ist weltweit genormt, d. h. der Datenaustausch von Steuergeräten unterschiedlicher Hersteller ist möglich.

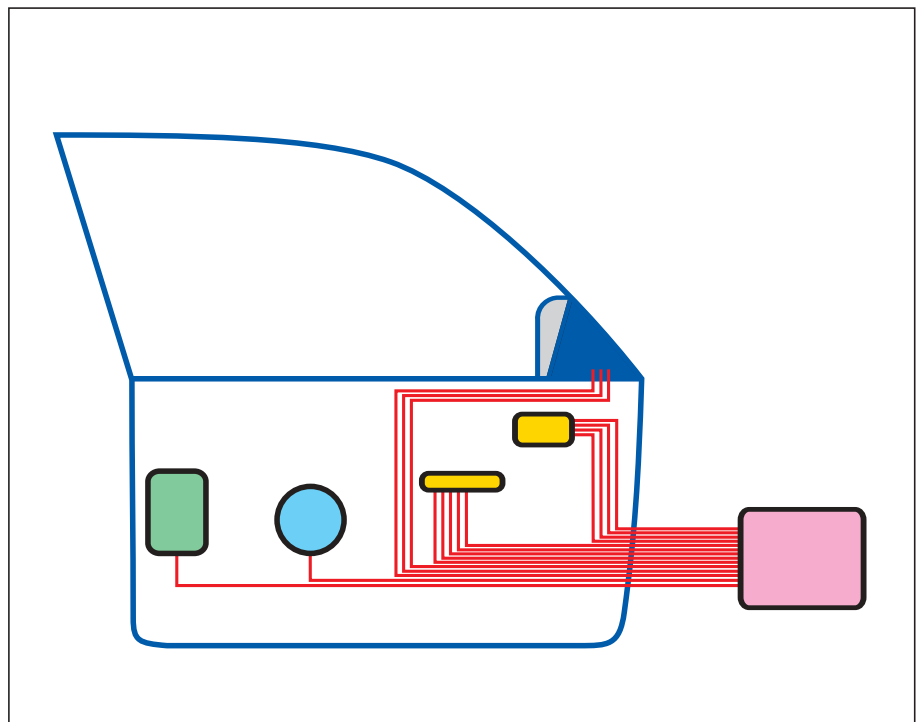
Was ist ein CAN-Datenbus?

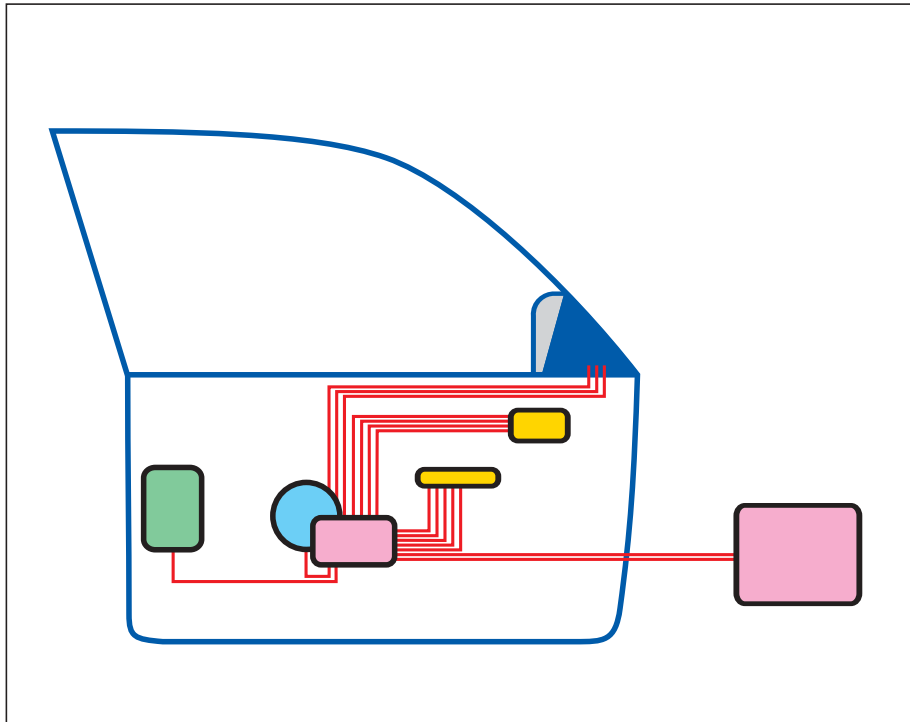
Einen CAN-Bus kann man sich wie einen Omnibus vorstellen. So wie der Omnibus viele Personen transportiert, so transportiert der Datenbus viele Informationen.



Ohne Datenbus müssen alle Informationen über viele Leitungen zu den Steuergeräten geführt werden.

Das bedeutet, dass für jede einzelne Information jeweils eine Leitung existiert.



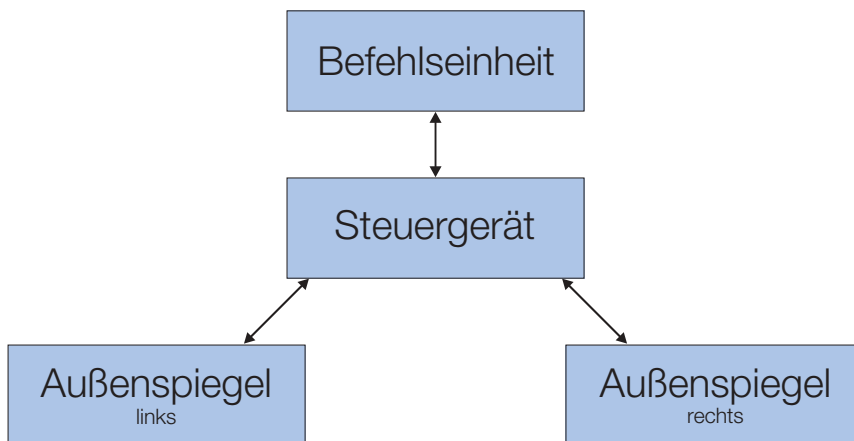


Mit dem Datenbus hat sich die Anzahl der Leitungen deutlich verringert. Sämtliche Informationen werden über maximal zwei Leitungen zwischen den Steuergeräten ausgetauscht.

Es gibt unterschiedliche Verbindungstechniken (Netzwerk) im Automobilbereich. Folgend ein kleiner Überblick mit ihren Eigenschaften.

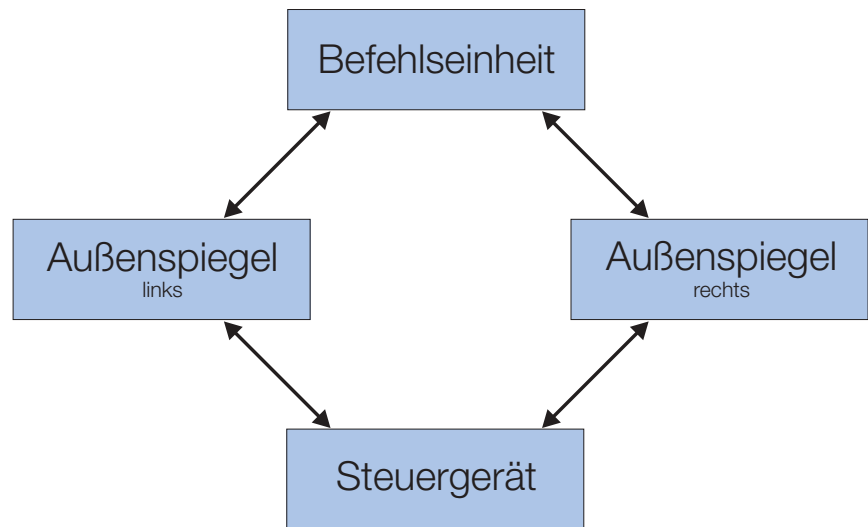
Sternstruktur

- Bei der Sternstruktur sind alle Busteilnehmer an eine Zentrale (Steuergerät) angeschlossen.
- Sollte das Steuergerät ausfallen, ist die Verbindung gestört.



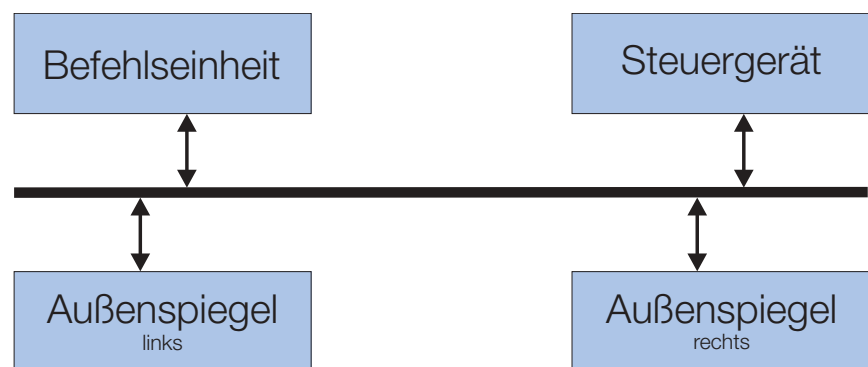
Ringstruktur

- Bei der Ringstruktur sind alle Teilnehmer gleichberechtigt.
- Um von Gerät A nach Gerät B zu kommen, muss eine Information meistens über ein anderes Gerät laufen.
- Fällt ein Gerät aus, hat das den Ausfall des gesamten Systems zur Folge.
- Updates sind zwar leicht durchzuführen, benötigen allerdings eine Betriebsunterbrechung.



Lineare Struktur

- Vom Sender erfolgt die Signalausbreitung in einer Linie in beide Richtungen.
- Fällt ein Gerät aus, sind die anderen noch in der Lage miteinander zu kommunizieren.



Da die lineare Struktur im Automobil am häufigsten verwendet wird, informiert diese Ausgabe hauptsächlich über diese CAN-Bus-Struktur.

Aufbau des Datenbussystems

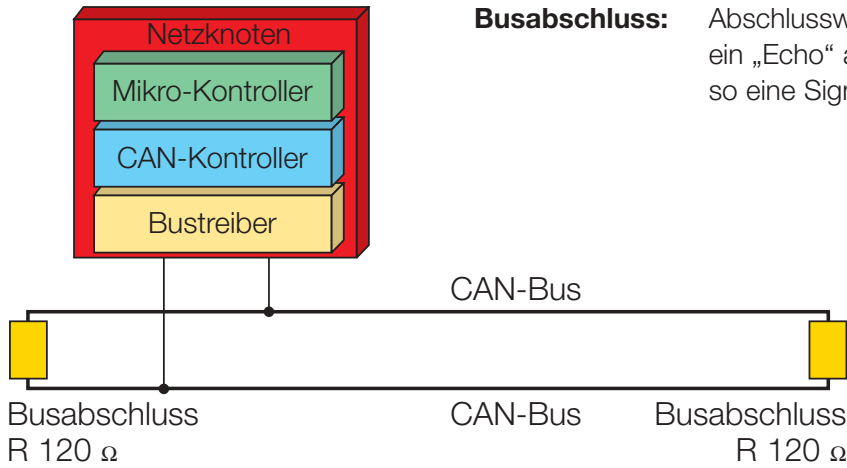
Netzknoten: In ihm sind der Mikro-Kontroller, der CAN-Kontroller und der Bustreiber untergebracht.

Mikro-Kontroller: Ist für die Steuerung des CAN-Kontrollers zuständig und bearbeitet Sende- und Empfangsdaten.

CAN-Kontroller: Ist verantwortlich für den Sende- und Empfangsbetrieb.

Bustreiber: Sendet bzw. empfängt den Buspegel.

Busleitung: Ist eine Zweidrahtleitung (für beide Signale; CAN-High und CAN-Low). Zur Reduzierung von elektromagnetischen Störungen sind die Leitungen verdreht.



Busabschluss: Abschlusswiderstände mit jeweils $120\ \Omega$ verhindern ein „Echo“ an den Leitungsenden und vermeiden so eine Signalverfälschung.

Wie funktioniert ein Datenbus?

Die Datenübertragung mit dem CAN-Datenbus funktioniert ähnlich wie eine Telefonkonferenz. Ein Teilnehmer (Steuergerät) „spricht“ seine Informationen (Daten) in das Leitungsnetz hinein, während die anderen Teilnehmer diese Informationen „mithören“. Einige Teilnehmer finden diese interessant und nutzen sie. Andere ignorieren sie einfach.

Beispiel:

Ein Automobil setzt sich in Bewegung, ohne dass die Fahrertür richtig geschlossen wurde. Damit der Fahrer jetzt gewarnt werden kann, benötigt z. B. das Check-Control-Modul zwei Informationen:

- Fahrzeug bewegt sich
- Fahrertür ist offen

Die Informationen werden jeweils vom Türkontaktsensor / Raddrehzahlsensor aufgenommen bzw. erzeugt und in elektrische Signale umgewandelt. Diese wiederum werden von den jeweiligen Steuergeräten in digitale Informationen umgewandelt und dann als Binärcode durch die Datenleitung geschickt, bis sie vom Empfänger abgegriffen werden. Im Falle des Raddrehsignals, wird das Signal ebenfalls noch von anderen Steuergeräten benötigt, z.B. vom ABS-Steuergerät. Dies trifft auch bei einigen Fahrzeugen zu, die mit einem aktiven Fahrwerk ausgestattet sind. Geschwindigkeitsabhängig wird dort der Abstand zur Fahrbahn verändert, um die Straßenlage zu optimieren. Alle Informationen gehen über den Datenbus und können von jedem Teilnehmer analysiert werden.

Das CAN-Datenbussystem ist als Multi-Master-System ausgelegt, d. h.

- Alle Netzknoten (Steuergeräte) sind gleichberechtigt.
- Sie sind gleichermaßen für Buszugriff, Fehlerbehandlung und Ausfallkontrolle zuständig.
- Jeder Netzknoten hat die Eigenschaft, selbständig und ohne Hilfe eines anderen Netzknotens auf die gemeinsame Datenleitung zuzugreifen.
- Kommt es zum Ausfall eines Netzknotens, fällt dadurch nicht das Gesamtsystem aus.

Beim Multi-Master-System erfolgt der Buszugriff unkontrolliert, d. h. sobald die Datenleitung frei ist, können mehrere Netzknoten auf diese zugreifen. Würden jetzt aber alle Informationen gleichzeitig durch die Leitung geschickt, wäre das Chaos perfekt.

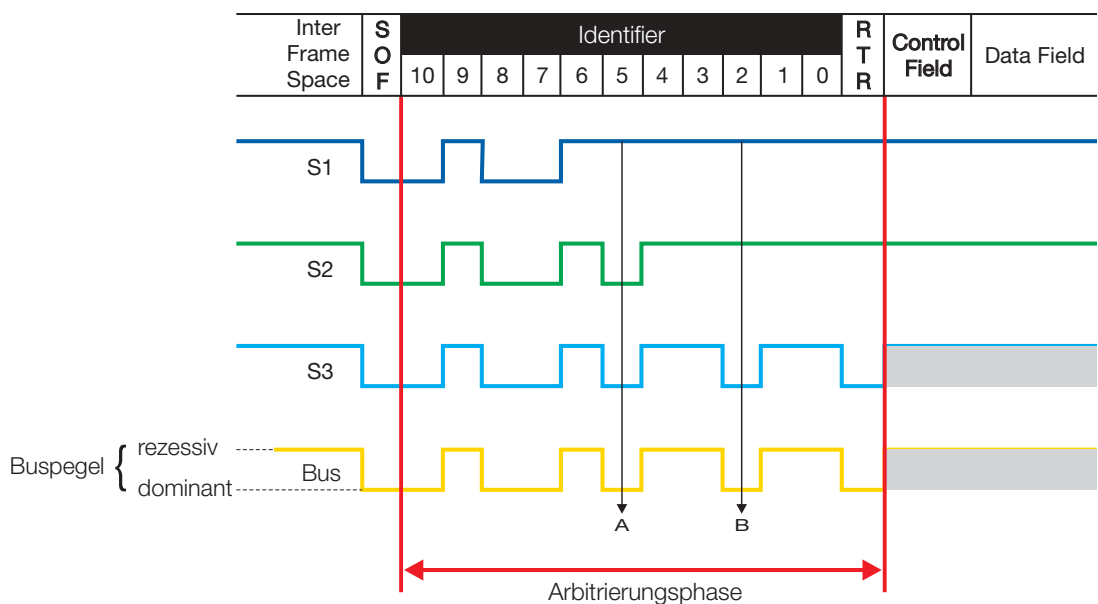
Es könnte zu einer „Datenkollision“ kommen. Also muss für Ordnung gesorgt werden. Deshalb gibt es beim CAN-Bus eine klare Hierarchie, wer zuerst senden darf und wer warten muss. Bei der Programmierung der Netzknoten wurde die Reihenfolge der Wichtigkeit der einzelnen Daten festgelegt. Dadurch setzt sich eine Nachricht mit hoher Priorität gegen eine Nachricht mit niedriger Priorität durch. Sendet ein Netzknoten mit hoher Priorität, schalten alle anderen Netzknoten automatisch auf Empfang.

Beispiel:

Eine Nachricht, die von einem sicherheitstechnischen Steuergerät kommt, wie z. B. dem ABS-Steuergerät, wird immer eine höhere Priorität haben als eine Nachricht von einem Getriebe-Steuergerät.

Wie funktioniert die Hierarchie (Buslogik) beim CAN-Bus?

Bei CAN unterscheidet man zwischen dominanten und rezessiven Buspegeln. Der rezessive Pegel hat den Wert 1 und der dominante den Wert 0. Wenn jetzt mehrere Steuergeräte gleichzeitig dominante und rezessive Buspegel senden, darf das Steuergerät mit dem dominanten Pegel als erster seine Nachricht senden.



An diesem Beispiel soll noch einmal der Buszugriff verdeutlicht werden. Hier wollen jetzt drei Netzknoten ihre Nachricht über den Bus übertragen. Während des Arbitrierungs-Vorgangs wird das Steuergerät S1 vorzeitig den Sendeversuch bei Punkt A abbrechen, da sein rezessiver Buspegel von den anderen Steuergeräten S2 und S3 durch dominante Buspegel überschrieben wird.

Das Steuergerät S2 bricht den Sendeversuch bei Punkt B aus demselben Grund ab. Somit setzt sich Steuergerät S3 durch und kann seine Nachricht übertragen.

Was ist ein Datenprotokoll?

Die Datenübertragung erfolgt über ein Datenprotokoll in sehr kurzen Zeitabständen. Das Protokoll besteht aus einer Vielzahl von aneinander gereihten Bits.

Die Anzahl der Bits ist abhängig von der Größe des Datenfeldes. Ein Bit ist die kleinste Informationseinheit, acht Bits entsprechen einem Byte = eine Botschaft. Diese Botschaft ist digital und kann nur den Wert 0 oder 1 haben.

Wie sieht ein CAN-Signal aus?

Rezessives Bit

CAN-H 2,5 V

CAN-L 2,5 V

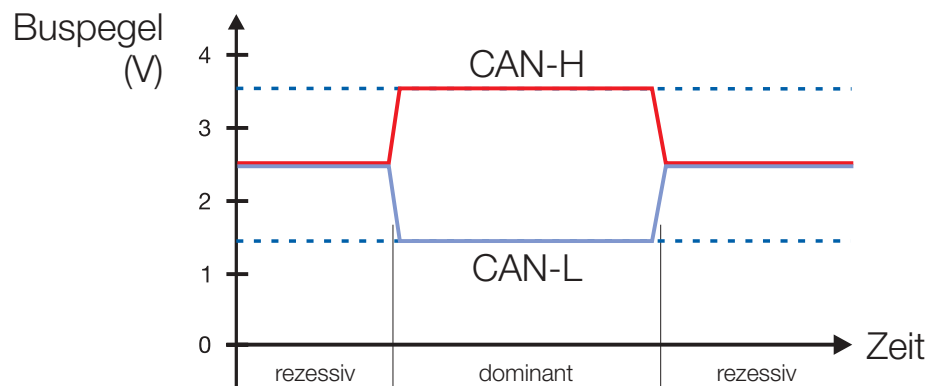
Differenz 0 V

Dominantes Bit

CAN-H 3,5 V

CAN-L 1,5 V

Differenz 2 V



High-Speed-Bus-Signal

- Auf dem Bus befinden sich die Signale CAN-H (high = hoch) und CAN-L (low = niedrig).
- Die beiden Signale sind spiegelverkehrt zueinander.

CAN-Datenbusse im PKW

Heute kommen in modernen Fahrzeugen zwei CAN-Busse zum Einsatz.

Der High-Speed-Bus (ISO 11898)

- SAE CAN Class C
- Übertragungsrate 125 kBit/s - 1 Mbit/s
- Buslänge bis 40 Meter bei 1 Mbit/s
- Senderausgangsstrom > 25 mA
- Kurzschlussfest
- Geringer Stromverbrauch
- Bis 30 Knoten

Durch seine hohe Übertragungsgeschwindigkeit (echtzeitkritischer Informationstransfer in Millisekunden) kommt dieser Bus im Antriebsstrang, wo Steuergeräte von Motor, Getriebe, Fahrwerk und Bremsen miteinander vernetzt werden, zum Einsatz.

Der Low-Speed-Bus (ISO 11519-2)

- SAE CAN Class B
- Übertragungsrate 10 kBit/s - 125 kBit/s
- Max. Buslänge ist abhängig von der Übertragungsrate
- Senderausgangsstrom < 1 mA
- Kurzschlussfest
- Geringer Stromverbrauch
- Bis 32 Knoten

Dieser Bus kommt im Innenraum, wo Komponenten der Karosserie- und der Komfotelektronik miteinander vernetzt sind, zum Einsatz.

Diagnose des CAN-Datenbusses

Mögliche Fehler beim CAN-Datenbus:

- Unterbrechung der Leitungen.
- Schluss nach Masse.
- Schluss nach Batterie.
- Schluss CAN-High / CAN-Low.
- Zu niedrige Batterie / Versorgungsspannung.
- Fehlender Abschlusswiderstand.
- Störspannungen durch z. B. eine defekte Zündspule, die zu unplausiblen Signalen führen können.

Fehlersuche:

- Funktion des Systems prüfen.
- Fehlerspeicher abfragen.
- Messwerteblock lesen.
- Signal mit dem Oszilloskop aufnehmen.
- Pegelspannung prüfen.
- Widerstandsmessung der Leitungen.
- Widerstandsmessung der Abschlusswiderstände.

Fehlersuche im Datenbus

Vor jeder Fehlersuche sollte geprüft werden, ob in das betroffene Fahrzeug Zusatzgeräte eingebaut sind, die auf Informationen des Datenbussystems zugreifen. Evtl. wurden durch den Eingriff in den Datenbus, Systemstörungen eingebaut. Die Möglichkeiten der Fehlersuche im Datenbus hängen von einigen Faktoren ab. Entscheidend ist, welche Möglichkeiten der Fahrzeughersteller der Werkstatt vorgibt. Dies kann die Fehlersuche mit dem Diagnosegerät sein, wenn ein geeignetes Diagnosegerät zur Verfügung steht, oder eben "nur" mit dem Oszilloskop und Multimeter. Auch die Verfügbarkeit von fahrzeugspezifischen Daten (Schaltpläne, Datenbustopologie, usw.) ist sehr wichtig, um die Vernetzung des Fahrzeugs aufzuschlüsseln.

Bei der Fehlersuche, ob mit dem Diagnosegerät oder Oszilloskop, sollte immer strukturiert vorgegangen werden. Das bedeutet, man kann durch einfaches "Ausprobieren" den Fehler evtl. schon eingrenzen um die anschließenden Messungen auf das Nötigste zu reduzieren. Um die Fehlersuche besser darstellen zu können, nehmen wir ein Fahrzeug als Beispiel. Hierbei handelt es sich um die Mercedes Benz E-Klasse (W210).

Folgender Fehler wird beanstandet:

Fensterheber auf der Beifahrerseite ohne Funktion.

Funktionsprüfung:

1. Lässt sich der Fensterheber von der Fahrerseite aus betätigen?

Ja:

In diesem Fall sind beide Türsteuergeräte, die CAN-Datenbusleitungen und der Fensterhebermotor in Ordnung. Der Fehler liegt wahrscheinlich im Fensterheberschalter auf der Beifahrerseite.

Nein:

Lassen sich andere Funktionen (z.B. Spiegelverstellung) bedienen? Ist es möglich andere Funktionen auszuführen ist davon auszugehen, dass die Türsteuergeräte und der CAN-Datenbus in Ordnung sind. Mögliche Fehlerursachen sind der Fensterheberschalter auf der Fahrerseite oder der Fensterhebermotor auf der Beifahrerseite. Dieses lässt sich durch eine Funktionsprüfung von der Beifahrerseite aus feststellen. Funktioniert der Fensterheber, kann der Fensterhebermotor ausgeschlossen werden. Es kommt als Fehlerursache der Schalter auf der Fahrerseite in Betracht.

Lassen sich keine anderen Funktionen von der Fahrerseite auf der Beifahrerseite ausführen, liegt der Fehler möglicherweise im CAN-Datenbus oder in den Steuergeräten.

Vergleich Gutbild-Schlechtbild am Oszilloskop

Gutbild: Beide Signale CAN-H und CAN-L sind vorhanden.



Schlechtbild: Nur ein Signal ist sichtbar.



Um das Oszilloskop mit dem CAN-Datenbus zu verbinden, sollte an einer geeigneten Stelle der Anschluss erfolgen. In der Regel ist das an der Steckverbindung zwischen Steuergerät und CAN-Datenbusleitung. In unserem Beispielfahrzeug befindet sich auf der Beifahrerseite, im Kabelkanal unter der Schwellerleiste (Bild), ein Potentialverteiler.



Hier laufen die einzelnen Datenbusleitungen von den Steuergeräten zusammen. An diesem Potentialverteiler kann das Oszilloskop ohne Probleme angeschlossen werden.



Sind auf dem angeschlossenen Oszilloskop keine Signale erkennbar, ist der Datenbus gestört. Um festzustellen, in welchem Bereich der Fehler liegt, können nun die einzelnen Steckverbindungen getrennt werden. Dabei ist das Oszilloskop zu beobachten. Sind nach dem Trennen einer Steckverbindung Signale auf dem Oszilloskop sichtbar, arbeitet der Datenbus wieder. In dem zu der Steckverbindung gehörenden System liegt der Fehler. Alle vorher abgezogenen Stecker sollten wieder aufgesteckt werden. Das folgende Problem, ist die Steckverbindung, die zu dem fehlerhaften System gehört, einem Steuergerät zuzuordnen. Hier werden seitens des Fahrzeugherstellers keinerlei Angaben gemacht.

Um die Suche möglichst einfach und effektiv zu gestalten, sollte wieder durch Ausprobieren herausgefunden werden, welche Systeme nicht funktionieren. Anhand der fahrzeugspezifischen Daten, über die Vernetzung und Einbauorte der einzelnen Steuergeräte, kann das fehlerhafte System ausfindig gemacht werden. Durch Trennen der Datenbus-Steckverbindung am Steuergerät und Verbinden der Steckverbindung am Potentialverteiler kann festgestellt werden, ob der Fehler in der Kabelverbindung oder im Steuergerät liegt. Sind auf dem Oszilloskop Signale zu erkennen, arbeitet der Datenbus und die Kabelverbindung ist in Ordnung. Sind die Signale nach dem Ankleben des Steuergerätes nicht mehr erkennbar, liegt ein Defekt im Steuergerät vor. Wird eine defekte Kabelverbindung festgestellt, kann mit einer Widerstands- und Spannungsmessung ein Masse- oder Pluschluss oder eine Verbindung der Leitungen untereinander festgestellt werden.



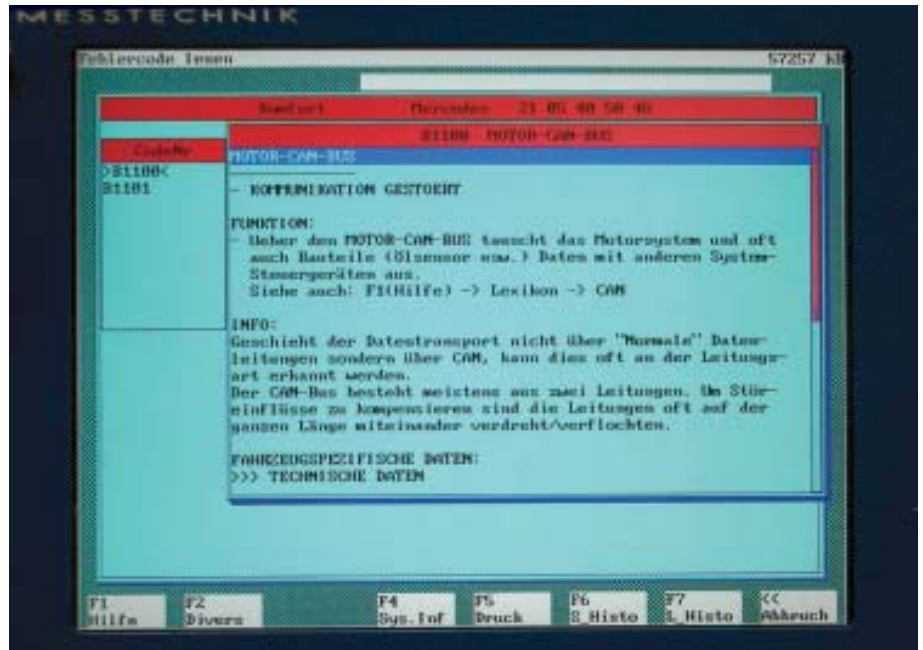
Bei Fahrzeugen, die nicht über einen Potenzialverteiler verfügen, wird die Fehlersuche erheblich aufwändiger. Das Oszilloskop muss an einer geeigneten Stelle (z. B. an einer Steckverbindung am Steuergerät) an die Datenbusleitung angeschlossen werden. Dann müssen nacheinander alle vorhandenen Steuergeräte ausgebaut, und die Datenbus Steckverbindungen direkt am Steuergerät getrennt werden. Hierzu sind fahrzeugspezifische Daten erforderlich, um festzustellen, welche Steuergeräte im und wo im Fahrzeug verbaut sind. Vor und nach dem Trennen der Steckverbindungen ist wieder das Oszilloskop zu beobachten. Die weitere Vorgehensweise unterscheidet sich nicht mehr von unserem Beispielfahrzeug.

Zum Prüfen der Abschlusswiderstände, muss sich der Datenbus im Ruhezustand (Sleepmode) befinden. Die Steuergeräte müssen bei der Messung angeschlossen sein. Der Gesamtwiderstand, der sich aus den beiden parallel geschalteten 120 Ohm Widerständen ergibt, beträgt 60 Ohm. Dieser wird zwischen den Leitungen CAN-High und CAN-Low gemessen.

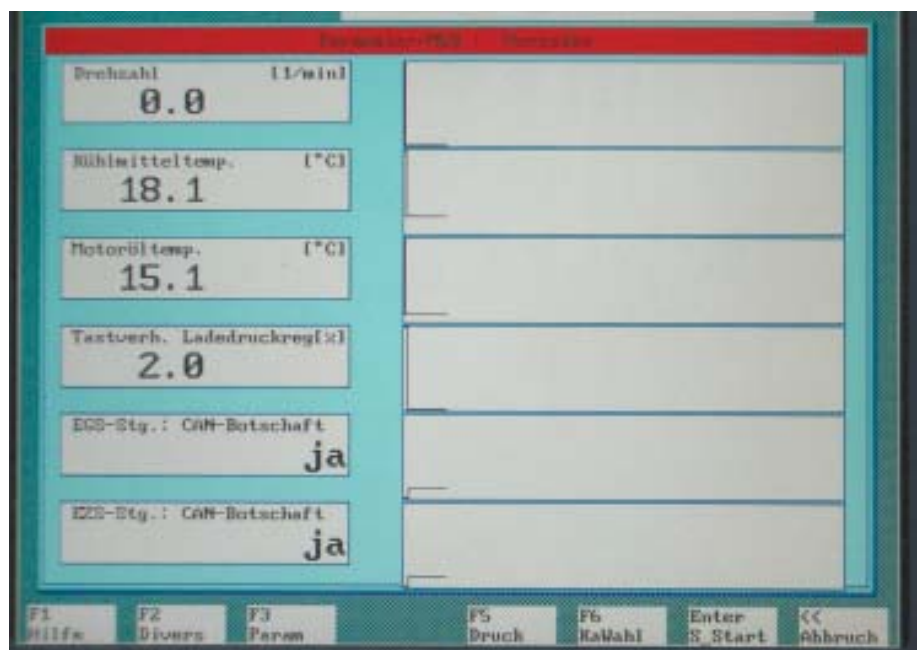
Fehlersuche mit dem Diagnosegerät

Bei der Fehlersuche mit dem Diagnosegerät ist die Prüftiefe ein entscheidender Faktor.

Begonnen werden sollte mit dem Auslesen des Fehlerspeichers. Sind im CAN-Bussystem Fehler vorhanden, können hier erste Anhaltspunkte gefunden werden.



Durch das Auslesen der Messwertblöcke können weitere Funktionen überprüft werden.



Wird mit dem Diagnosegerät ein Fehler festgestellt, werden zur weiteren Eingrenzung des Fehlers wieder die Prüfungen mit dem Oszilloskop erforderlich. Ein häufig auftretendes Problem ist, dass Steuergeräte nach dem Austausch oder nach dem Trennen der Versorgungsspannung (z.B. Erneuern der Batterie) nicht neu codiert / angepasst worden sind.

In diesem Fall sind die Steuergeräte zwar im Fahrzeug verbaut und angeschlossen, führen jedoch keine Funktionen aus. Dies kann in einigen Fällen auch zu Fehlern in anderen Systemen führen. Um diese Fehler auszuschließen, sollte sichergestellt werden, dass nach dem Tausch eines Steuergerätes oder dem Verlust der Versorgungsspannung das/die Steuergerät(e) richtig codiert und an das Fahrzeug angepasst sind.

Einbau von Zusatzgeräten

Schwierig gestaltet sich bisweilen der Einbau von Zusatzgeräten, z. B. Navigationssystemen, bei denen Signale aus dem Datenbus benötigt werden. Das Problem, einen geeigneten Ort zu finden um beispielsweise das Geschwindigkeitssignal abzugreifen, ist ohne fahrzeugspezifische Unterlagen sehr schwierig.

Es gibt im Internet einige Seiten, die Informationen und Möglichkeiten über Anschlüsse und deren Einbauorte geben. Diese Angaben sind immer ohne Gewähr, so dass die Werkstatt in jedem Fall das Risiko über die Richtigkeit dieser Angaben trägt. Die sicherste Art ist in jedem Fall die Berücksichtigung der Fahrzeugherstellerangaben.

Um alle möglichen Datenbussysteme kennenzulernen, wie die Datenübermittlung, der Aufbau, die Funktion und die Fehlersuche funktionieren, wie eventuell Zusatzgeräte eingebaut werden können, ist es in jedem Fall ratsam, eine Schulung zu besuchen.

Der richtige Reifendruck ist wichtig!

Der Reifendruck ist ein wesentlicher Sicherheitsfaktor des Automobils. Die häufigsten Reifenschäden sind auf einen schleichenden Druckverlust zurückzuführen. Dieser wird von den Fahrern des Fahrzeugs oftmals zu spät bemerkt. Ein zu niedriger Reifendruck führt zu erhöhtem Kraftstoffverbrauch und einem schlechten Fahrverhalten. Damit verbunden sind auch eine Erhöhung der Reifentemperatur und ein größerer Verschleiß. Als Folge eines zu geringen Reifendrucks kann der Reifen plötzlich platzen. Dies bedeutet ein enormes Sicherheitsrisiko für alle Insassen. Daher bieten immer mehr Fahrzeughersteller Reifendruckkontrollsysteme (RDKS) serienmäßig oder als Zubehör an. Auch der allgemeine Teile-Handel bietet verschiedene Systeme zum Nachrüsten an.

Reifendruckkontrollsysteme überwachen den Reifendruck und die Reifentemperatur. RDKS gibt es schon seit einigen Jahren und in den USA sind sie bei Neufahrzeugen bereits vorgeschrieben. Somit ist es an der Zeit, dass jede Werkstatt sich mit diesem Thema vertraut macht. Denn schon beim Räderwechsel kann es, durch mangelhafte Kenntnis der Systeme, zur Beeinträchtigung der RDKS kommen.

Zwei grundlegend unterschiedliche Bauarten von RDK-Systemen befinden sich zur Zeit im Markt – passive und aktive Systeme.

Passive Systeme

Bei den passiv messenden Systemen erfolgt die Drucküberwachung mit Hilfe der fahrzeugseitigen ABS-Sensoren. Das ABS-Steuergerät erkennt den Druckverlust eines Reifens durch den geänderten Abrollumfang. Ein Reifen mit niedrigem Luftdruck macht mehr Umdrehungen als mit korrektem Luftdruck. Allerdings arbeiten diese Systeme nicht so genau wie aktiv messende Systeme und benötigen einen Druckverlust von ca. 30 %, bevor eine Warnmeldung erfolgt. Der Vorteil liegt in dem relativ günstigen Preis, da viele bereits vorhandene Fahrzeug-Komponenten genutzt werden können. Es ist lediglich eine angepasste ABS-Software und eine zusätzliche Anzeige in der Instrumenteneinheit notwendig.

Aktive Systeme

Wesentlich genauer aber auch aufwändiger und somit teurer, sind die aktiv messenden Systeme. Hier ist in jedem Rad ein batteriegespeicherter Sensor untergebracht. Dieser misst die Temperatur und den Druck des Reifens und gibt die Messwerte über Funk an das RDKS-Steuergerät bzw. die Anzeigeeinheit weiter. Zur Übertragung des Funksignals dienen eine oder mehrere Antennen. Aktive Systeme vergleichen den Reifendruck mit einem im RDKS-Steuergerät hinterlegten Referenzwert, was den Vorteil hat, dass auch Druckverluste mehrerer Reifen gleichzeitig erkannt werden. Darum kann es erforderlich sein, dass nach dem Reifenwechsel ein Neuabgleich (Kalibrierung) oder eine Neucodierung der Sensoren erforderlich ist. Ein weiterer Nachteil der aktiv messenden Systeme besteht darin, dass die Batterien nach ca. 5-10 Jahren ausgetauscht werden müssen. Da diese je nach Hersteller mit den Sensoren eine Einheit bilden, bedeutet das oftmals einen Komplettaustausch der Sensoreinheit. Ein notwendiger Batteriewechsel wird von der Anzeigeeinheit rechtzeitig angezeigt und kann somit nicht zum plötzlichen Systemausfall führen. Beim Wechseln von Sommer- auf Winterräder ist darauf zu achten, dass zusätzliche Radsensoren angebracht bzw. vorhandene Sensoren umgebaut werden müssen. Damit es bei der Reifenmontage nicht zu Beschädigungen oder Funktionsstörungen kommt, sind einige wichtige Punkte zu beachten.

Worauf ist bei der Räder-/ Reifenmontage zu achten?

Vor dem Rad- bzw. Reifenwechsel ist grundsätzlich darauf zu achten, inwiefern das Fahrzeug über ein RDKS verfügt. Zu erkennen ist dies z.B. an einem farbigen Ventil, einer farbigen Ventilkappe, einem Symbol im Kombiinstrument oder einer zusätzlichen Anzeigeeinheit (bei nachgerüsteten Systemen). Es ist empfehlenswert, gleich bei der Fahrzeugannahme, den Kunden nach einem RDKS zu fragen und auf die Besonderheiten hinzuweisen. Bei aktiven Systemen sind folgende Punkte zu beachten:



- Bei der Reifendemontage darf die Abdrückschaufel auf beiden Seiten des Reifens nur auf der gegenüberliegenden Seite des Ventils angesetzt werden ①
- Beim Abziehen des Reifens muss der Montagekopf ca. 15 cm hinter dem Ventil angesetzt werden ②
- Vermeiden Sie jegliche Krafteinwirkung auf den Sensor
- Zur Demontage und Montage des Reifens dürfen Reifenwulst und Reifenhorn nur mit Montagespray oder Seifenlauge benetzt werden. Der Gebrauch von Montagepaste kann dazu führen, dass die Filterfläche der Sensor-Elektronik verklebt
- Der Sensor darf nur mit einem trockenen, fusselfreien Tuch gereinigt werden. Druckluft, Reinigungs- und Lösungsmittel dürfen nicht verwendet werden
- Vor der Montage eines neuen Reifens muss die Sensoreinheit auf Verschmutzung, Beschädigung und festen Sitz geprüft werden
- Den Ventileinsatz bzw. das Ventil erneuern (je nach Hersteller-vorgabe), Anzugsdrehmomente beachten
- Nach der Montage ggf. Kalibrierung/Neucodierung bei kalten Reifen durchführen
- Hinweise der Fahrzeug- und Systemhersteller sind gesondert zu beachten

Da es im Markt eine Menge unterschiedlich arbeitender Systeme verschiedener Hersteller gibt (Tabelle), sollten möglichst die hersteller-spezifischen Montageanleitungen beachtet werden.

Reifendruckkontrollsysteme im Überblick:

System	Hersteller	Beschreibung	Verwendet bei
TSS	Beru	Tire Safety System – direkt messendes RDKS mit vier separaten Antennen	Audi, Bentley, BMW, Ferrari, Land Rover, Maserati, Maybach, Mercedes, Porsche, VW, Nutzfahrzeuge
SMSP	Schrader, Vertrieb in D: Tecma	Direkt messendes RDKS mit einer zentralen Antenne	Citroën, Opel Vectra, Peugeot, Renault, Chevrolet, Cadillac
DDS	Continental Teves	Deflection Detection System – indirekt messendes RDKS	BMW M3, Mini, Opel Astra G
TPMS	Continental Teves	Tire Pressure Monitoring System – direkt messendes RDKS	Opel Astra G
Warn Air	Dunlop	Indirekt messendes RDKS	BMW, Mini
Tire Guard	Siemens VDO	Direkt messendes RDKS mit einem fest in den Reifen integrierten, batterielosen Sensor	Renault Megane
Smar Tire	Vertrieb: Seehase	Direkt messendes RDKS für die Nachrüstung	Universell
X-Pressure	Pirelli	Direkt messendes RDKS für die Nachrüstung	Universell
Road Snoop	Nokian	Direkt messendes RDKS für die Nachrüstung	Universell
Magic Control	Waeco	Direkt messendes RDKS für die Nachrüstung	Universell

Stand 2005, ohne Gewähr

An dieser Stelle ist es nicht möglich, auf alle Besonderheiten einzugehen. Exemplarisch werden hier zwei Systeme näher beschrieben.

1. Tire Safety System (TSS) Beru

Das TSS von Beru wird bei vielen Fahrzeugherstellern serienmäßig verbaut, aber auch als Zubehör bzw. zum Nachrüsten angeboten. BMW nennt das Beru-System "RDC" (Reifen Druck Control), bei Mercedes und Audi heißt es "Reifendruckkontrollsystem". Es besteht aus je vier (bei zusätzlicher Reserveradüberwachung je fünf) Aluventilen, Radelektroniken (Radsensoren), Antennen und einem Steuergerät. Radelektronik und Ventil werden auf die Felge montiert. Die Funkempfänger befinden sich im Radhaus. Die Anzeigeneinheit ist bei serienmäßig verbauten Systemen im Kombiinstrument integriert.

Bei nachgerüsteten Systemen wird eine separate Anzeigeeinheit verbaut. Bei der Demontage/Montage der Räder/Reifen, sind die vorher genannten Punkte zu beachten. Die Radelektronik muss bei sichtbarer Beschädigung des Gehäuses, oder bei einer verschmutzten Filteroberfläche, gewechselt werden. Das komplette Ventil ist zu erneuern, wenn die

- Radelektronik erneuert wird
- Selbstsichernde (Torx-) Befestigungsschraube und/oder die Überwurfmutter des Ventils lose sitzt (nicht nachziehen)
- Auflagepunkte der Radelektronik mehr als einen Millimeter abstehen

Bild 3 zeigt die einzelnen Bauteile des Systems:

- Radelektronik (1)
- Radelektronik mit Reifenventil (2)
- Halteclips (3)
- Antenne (4)
- Steuergerät (5)





Der Zusammenbau und die Montage der Radelektronik und des Reifensventils sind mit Hilfe von Bild 4 einfach durchzuführen:

- Selbstsichernde Befestigungsschraube (1) durch das Gehäuse der Radelektronik (2) stecken und zwei bis drei Umdrehungen in das Ventil einschrauben
- Ventil (3) durch die Ventillochbohrung in der Felge schieben, Distanzscheibe (4) aufstecken und Überwurfmutter (5) bis zur Anlage aufschrauben
- Montagestift (7) in die radiale Bohrung des Ventils stecken und Überwurfmutter mit einem Drehmoment von 3,5 - 4,5 Nm anziehen. Montagestift herausziehen, sonst wird der Reifen bei der weiteren Montage beschädigt.
- Radelektronik leicht in das Felgentiefbett drücken. Die Auflagepunkte müssen glatt im Tiefbett aufliegen. Danach die Befestigungsschraube mit einem Drehmoment von 3,5 - 4,5 Nm anziehen.
- Nach der Reifenmontage die Ventilkappe (6) aufschrauben

Nach einem Räder- / Reifenwechsel, dem Tausch der Radpositionen, dem Erneuern der Radsensorik oder einer bewussten Änderung des Reifendrucks (z.B. bei vollbeladenem Fahrzeug), werden die neuen Drücke vom TSS übernommen. Dazu müssen zuerst alle Reifen mit dem vorgeschriebenen oder speziell gewählten Druck befüllt werden. Durch Drücken der Kalibriertaste werden die Werte gespeichert.

Das System prüft danach, ob die Drücke realistisch sind (z.B. der Mindestdruck oder die Unterschiede zwischen links und rechts. Sollten die Räder, z. B. beim saisonbedingten Rädertausch im Kofferraum des betroffenen Fahrzeugs transportiert werden, befinden sie sich in Reichweite des Steuergerätes. Wenn die zu tauschenden Räder schon mal ins System eingelesen wurden, empfängt das Steuergerät anstatt der gewohnten vier (mit Reserverad fünf) Signale, nun acht oder neun.

In diesem Fall meldet sich das System als "nicht verfügbar".

Gleiches kann passieren, wenn sich ausgeladene Räder oder Räder eines anderen Fahrzeugs, die ebenfalls ein RDKS besitzen, in der Nähe befinden. Machen Sie auch den Kunden darauf aufmerksam, dass das System dann wieder neu kalibriert werden muss. Die Kalibrierung der serienmäßigen TSS ist fahrzeugspezifisch.

Anleitungen hierfür sind auf den Internetseiten von Beru abrufbar.

Praxis-Tipp:

Wenn das Reserverad auch über das RDKS überwacht wird, sollte es nach dem Ausbau wieder genau in die Lage eingebaut werden, in der es sich vorher befand. Insbesondere im Zuge einer Inspektion bzw. nach dem Prüfen des Luftdrucks, ist z.B. beim BMW E60, E65 darauf zu achten, dass sich das Reifenventil nach dem Einbau des Reserverades wieder auf der 9 Uhr Position befindet. Der Empfänger erkennt nur in dieser Position die Signale des Senders.

Insbesondere französische Fahrzeughersteller verwenden das SMSP-System von Schrader. Dieses unterscheidet sich dadurch, dass es lediglich über einen Funkempfänger (Antenne) verfügt. Die Position der Räder werden durch Farbkennzeichnung der Ventile unterschieden:

- Grüner Ring = Vorne links
- Gelber Ring = Vorne rechts
- Roter Ring = Hinten links
- Schwarzer Ring = Hinten rechts

Nach einer Reifenmontage bzw. nach dem Austausch eines Sensors kann eine Codierung der Sensoren erforderlich sein, weil mit nur einer Antenne ein Lageunterschied der Räder nicht erkannt wird oder die Funkverbindung unterbrochen wurde. Da die Elektronik bei diesem System während des Fahrzeugstillstandes lediglich alle 15 Minuten den Druck misst und die Messwerte nur einmal stündlich an das Steuergerät weitergibt, benötigt man für die Codierung außer einem Diagnosegerät einen sogenannten "Ventilerreger" (Bild 5).

Er fordert die Radsensorik über Funk dazu auf, die Messwerte an das Steuergerät zu übermitteln.



Parameter/TWB : Mercedes		6
vo/li Soll-Reifendr. [bar]	2.4	
vo/re Soll-Reifendr. [bar]	2.4	
hi/li Soll-Reifendr. [bar]	2.4	
hi/re Soll-Reifendr. [bar]	2.4	
vo/li Reifentemp. [°C]	41.0	
vo/re Reifentemp. [°C]	39.0	
hi/li Reifentemp. [°C]	38.0	

Diagnosegeräte wie z.B. Gutmann Mega Macs 40, 44 oder 55, sind darüber hinaus in der Lage, den Fehlerspeicher und die Istwerte (Bild 6) der RDKS-Systeme auszulesen und eventuelle Fehlercodes zu löschen. Die Codierung erfolgt folgendermaßen:

- Diagnosegerät am Fahrzeug anschließen
- Programm-Codierung aufrufen
- Mit Hilfe des Ventilerregers Ventilcodes einlesen

Praxis-Tipp:

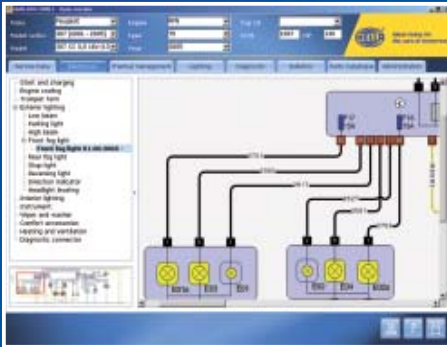
Nach dem Abbauen der Räder (z.B. bei der Bremsenreparatur) müssen diese wieder an die Stelle montiert werden, an der sie ursprünglich gesessen haben. Andernfalls kann es zu Anzeigefehlern des RDKS kommen (z.B. Renault Laguna 2).

Gesendet wird bei fast allen RDK-Systemen im Frequenzbereich von 433 MHz. Dieser Frequenzbereich wird aber beispielsweise auch von Funkgeräten, Funk-Kopfhörern, Alarmanlagen und Garagentorantrieben genutzt. Bitte berücksichtigen Sie dies, wenn es mal zu Störungen des RDKS kommen sollte. Die aktuelle Entwicklung geht hin zu kleinen, batterielessen (Transpondertechnologie), aktiven Systemen, die nur noch in die Karkasse eingeklebt werden, oder mit im Reifen integriert sind. Diese Systeme arbeiten im nicht so störanfälligen 2,4 GHz Bereich und können neben Temperatur- und Druckwerten auch noch weitere Informationen, wie z.B. Fahrbahn- und Verschleißzustand erfassen.

In wenigen Jahren werden Reifendruckkontrollsysteme so selbstverständlich zur Ausstattung eines Fahrzeugs gehören, wie heute das ABS oder die Klimaanlage. Bei aller Überwachungstechnologie sollte nur eines nicht vergessen werden. Ein RDKS korrigiert nicht selbständig den Luftdruck und gibt auch keine Auskunft über das Alter oder die Profiltiefe des Reifens. Somit wird es auch in Zukunft unerlässlich sein, die Reifen als wichtigste Verbindung zwischen Fahrzeug und Strasse, regelmäßig zu kontrollieren.

Die Komplett-Lösung aus einer Hand – Hella Data and Diagnostic System.

Hella DDS 100



Hella DDS 200



Hella DDS 200



**Technische Daten + Steuergeräte-
Diagnose für mindestens
80 % aller Fahrzeuge**

Hella Data and Diagnostic System:

Mit dem Hella Data and Diagnostic System bietet Hella der Werkstatt mehr als nur Fahrzeugdaten, Diagnose-Software und -Werkzeuge.



Das Hella Data and Diagnostic System bietet:

- Direkte Verknüpfung von technischen Daten und Steuergeräte-Diagnose (zeitsparend)
- Maßgeschneiderte Leistungen für jede einzelne Werkstatt
- Transparente Konditionen
- Zukunftsperspektive für die Werkstatt
- Besonders praxisnahes und komfortables Konzept



**Ideen für das
Auto der Zukunft**