

## **Fahrzeugelektronik -**

## **Leicht gemacht! Teil 2**

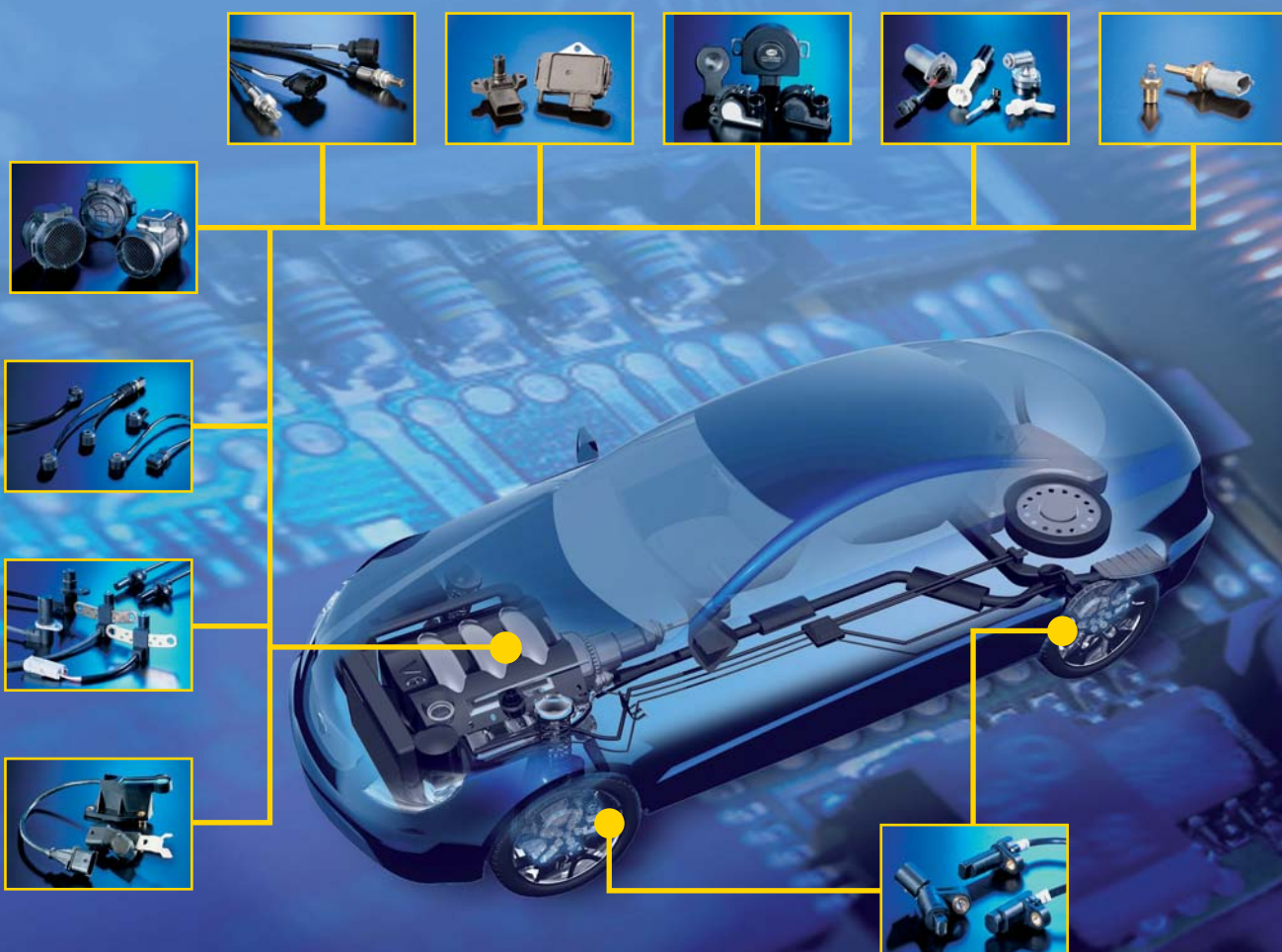


## Elektronik - Ihre Zukunft?

Der Elektronikanteil im Fahrzeug wächst weiter - es wird geschätzt, dass dieser 2010 ca. 30 % des gesamten Materialwertes betragen wird.

Dies ist einerseits eine große Chance, andererseits macht es die immer komplexer werdende Technologie schwierig mit den technischen Neuerungen Schritt zu halten. Hella möchte Sie hierbei unterstützen. Unsere Elektronikexperten haben daher eine Auswahl von wichtigen Informationen zu dem Thema Fahrzeugelektronik zusammengestellt.

Wir hoffen, dass Ihnen dieses Booklet interessante und hilfreiche Informationen für Ihren Arbeitsalltag liefert. Für weitere technische Information wenden Sie sich bitte an Ihre Hella Partner vor Ort.



Allgemeine Information . . . . .	2
Inhaltsübersicht . . . . .	3
Das Abgasrückführungssystem . . . . .	4
EDC – Elektronische Diesel Regelung . . . . .	12
Sekundärluftsystem . . . . .	24
Elektronisches Stabilitäts-Programm (ESP) . . . . .	28
Notizen . . . . .	38

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.

## Welchen Einfluss hat die Abgasrückführung auf die Verbrennung?

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.

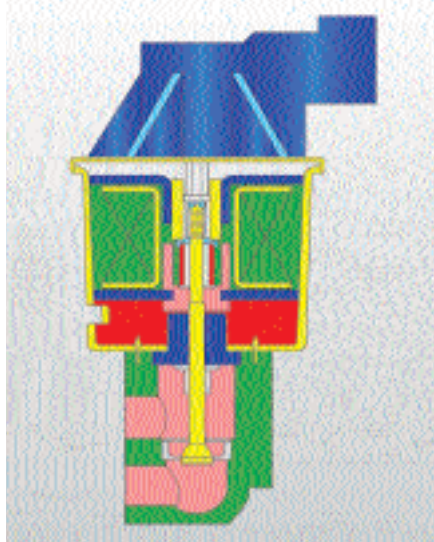
Die Höhe der Abgasrückführungsrate bei Diesel- und Benzinmotoren wird durch nachfolgende Tabelle verdeutlicht:

	<b>Diesel</b>	<b>Benzin</b>	<b>Benzin (Direkteinspritzer)</b>
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





## Elektrisches AGR-Ventil



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.

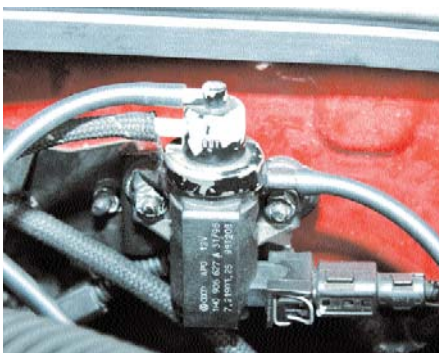
## Komponenten eines Abgasrückführungssystems



Eingebautes AGR-Ventil

## 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 Lagerrückmeldung oder Temperaturfühler und natürlich elektrisch gesteuert. Lagerrückmeldung 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:

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.

## Thermovenile:

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

## Auftretende Fehler und Ursachen

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 mangelnder 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 unterdruckgesteuerten 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 $\Omega$
70 °C	160–280 k $\Omega$
100 °C	60–120 k $\Omega$



## AGR-Ventile an Dieselmotoren

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:

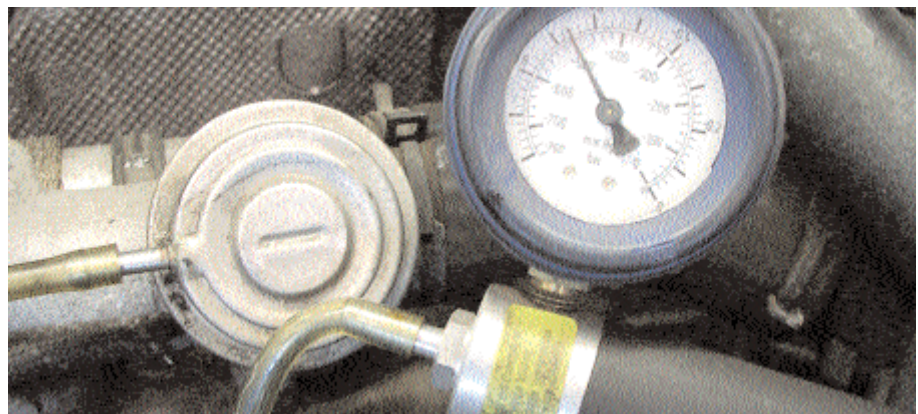
- Schwarz und braun
- Rot und braun
- Rot und blau

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.

## Dichtigkeitsprüfung eines AGR-Ventils

### 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.





## Prüfung von Druckwandlern, Umschaltventilen und Thermoventilen

### 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  $\Omega$  und 2500  $\Omega$  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  $\Omega$  und steigt bis auf 2500  $\Omega$  an.

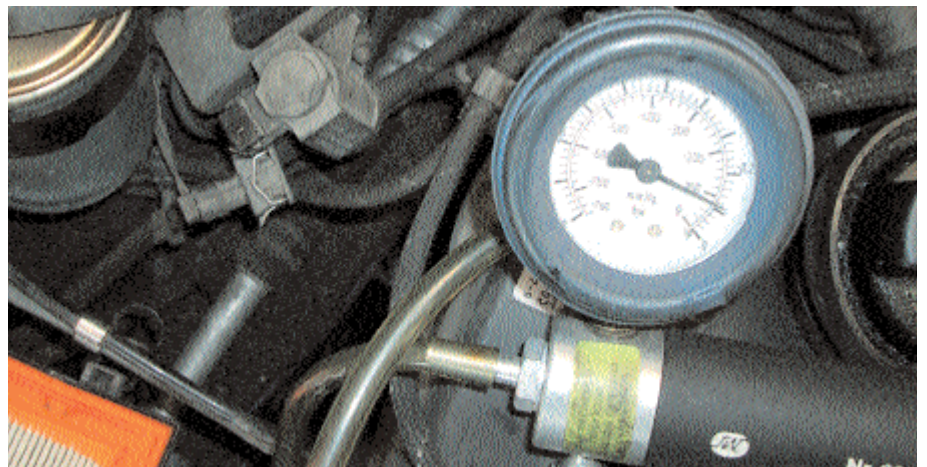
### Prüfung von mechanischen Druckwandlern:

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.

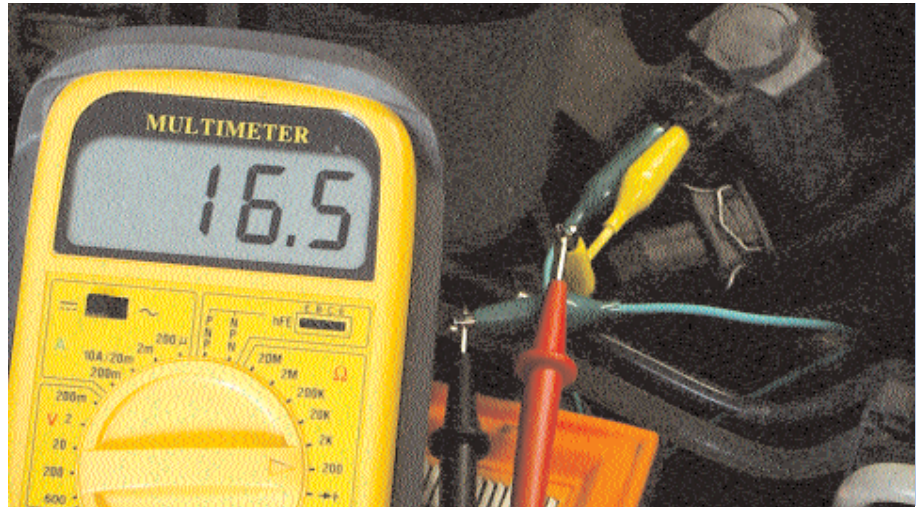
Prüfung eines Druckwandlers



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  $\Omega$  und 20  $\Omega$  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
Drehzahlsignal	2683	rpm	
Luftmassenmesser	260.0	mg/H	(Solwert)
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.



## EDC – Elektronische Diesel Regelung

Im Laufe der Entwicklung von Dieselmotoren reichte die mechanische Steuerung nicht mehr aus um dem technischen Fortschritt gerecht zu werden. Immer strengere Abgasnormen und der Wunsch nach geringerem Verbrauch und mehr Leistung machten es notwendig für Dieselmotoren eine elektronische Regelung zu entwickeln. Im Jahre 1986 kam die erste EDC (Electronic Diesel Control) zum Einsatz. Heute ist die EDC fester Bestandteil von modernen Hochdruck-Dieseleinspritzsystemen. Ohne sie wäre eine Realisierung der komfortablen, leistungsfähigen Dieseleinspritzsysteme nicht möglich.

## Wie funktioniert die EDC?

Vom Grundsatz ist sie vergleichbar mit einem Einspritzsystem bei Benzinmotoren. Die EDC kann in drei Teilbereiche aufgeteilt werden:

- Sensoren
- Steuergerät
- Aktuatoren

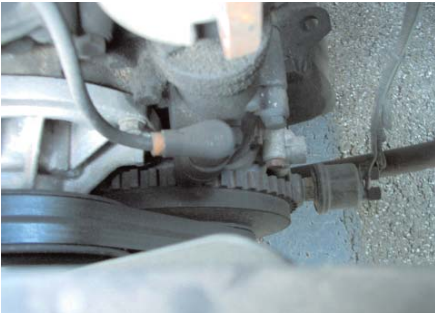
## Die Sensoren:

Die Sensoren erfassen alle Ist- und Soll-Zustände. Das bedeutet, dass zum Beispiel die Motortemperatur und der Kraftstoffdruck als Ist-Werte erfasst werden, aber auch Sollwerte wie zum Beispiel die Gaspedalstellung. Die Sensoren erfassen die Betriebsbedingungen und wandeln physikalische oder chemische Messgrößen in elektrische Signale um, die sie an das Steuergerät weitergeben. Durch die hohen Anforderungen an die Sensoren, sind sie im Laufe der Zeit immer kleiner und leistungsfähiger geworden. Herkömmliche Sensoren sind in der Regel Einzelbauteile, die ein analoges Signal an das Steuergerät liefern, wo es weiter aufbereitet wird. Neue Sensoren in der EDC verfügen über eine Signalaufbereitung, einen Analog-Digital-Wandler und manchmal auch über eine Auswertelektronik. Die Signalübertragung zum Steuergerät erfolgt digital. Daraus ergeben sich viele Vorteile:

- Die Sensoren können kleinere Messwerte erfassen.
- Die Übertragung zum Steuergerät ist störsicher.
- Die Rechnerleistung des Steuergerätes kann reduziert werden.
- Die Sensoren sind datenbusfähig und ihre Informationen können mehrfach genutzt werden.

## Die verschiedenen Sensoren:

### Drehzahlsensoren



Die Drehzahlsensoren erfassen je nach Einspritzsystem die Drehzahlen und Stellungen verschiedener rotierender Wellen. Wichtigster Sensor ist der Motordrehzahlsensor. Er erfasst die Motordrehzahl und die Stellung der Kurbelwelle. Der Drehzahlgeber ist in der Regel ein Induktivsensor (passiver Sensor). Er besteht aus einem Eisenkern, um den eine Spule gewickelt ist und ist verbunden mit einem Dauermagneten. Dreht sich das Impulsrad, kommt es zur Änderung des magnetischen Flusses in der Spule, wodurch eine sinusförmige Spannung induziert wird. Die Frequenz und Amplitudenhöhe sind proportional zur Motordrehzahl. Durch Verändern eines Zahnabstandes auf dem Impulsrad kann das Signal verändert werden und Aufschluss über die Stellung der Kurbelwelle geben. Einige Fahrzeughersteller verwenden auch aktive Sensoren. Diese Sensoren arbeiten nach dem Hallgeber Prinzip. Anstelle der Zähne sind auf dem Impulsrad Magnetpolpaare angebracht (wechselweise ein Nord- ein Südpol). Auch hier wird über einen veränderten Abstand die Bezugsmarke zur Kurbelwellenstellung erzeugt. Anders als der Induktivsensor erzeugt der Hallsensor ein Rechtecksignal dessen Frequenz ebenfalls proportional zur Drehzahl ist.

### Nockenwellensensor



Für den Motorstart ist ebenfalls die Stellung der Nockenwelle erforderlich. Das Steuergerät benötigt die Information, welcher Zylinder sich gerade im Verdichtungstakt befindet. Die Stellung der Nockenwelle wird über einen Hallsensor ermittelt, der ein oder mehrere Bezugsmarken auf der Nockenwelle abtastet. Daraus entsteht ein Rechtecksignal, das an das Steuergerät geleitet wird. Bei Pumpe-Düse-Systemen befindet sich auf dem Nockenwellenrad für jeden Zylinder in entsprechendem Abstand ein Zahn. Um die Zähne einem Zylinder zuordnen zu können, wird in unterschiedlichen Abständen, den Zähnen eine weitere Bezugsmarke angeordnet (nicht für den vierten Zylinder). Aus dem Zeitversatz der beiden Rechtecksignale kann das Steuergerät die Signale den einzelnen Zylindern zuordnen.

### Luftmassenmesser



Um die exakte Einspritzmenge und Abgasrückführungsrate zu bestimmen, benötigt das Steuergerät die Information über die angesaugte Luftmasse. Die Luftmasse wird über den im Ansaugrohr eingebauten Luftmassenmesser gemessen.

## Temperatursensoren



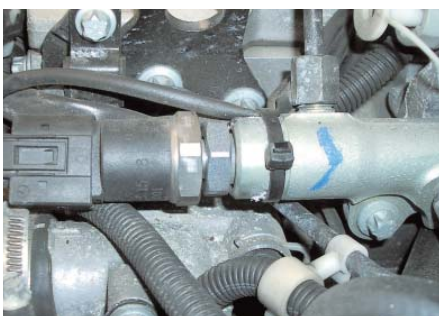
Die Temperatursensoren sind in der Regel als NTC ausgelegt. Das bedeutet, im Gehäuse befindet sich ein Messwiderstand aus Halbleitermaterial mit einem negativen Temperaturkoeffizienten (NTC). Sie haben bei niedrigen Temperaturen einen hohen Widerstand, der mit steigender Temperatur abnimmt.

Der Motortemperatursensor ist in den Kühlmittelkreislauf des Motors eingebaut. Er erfasst die Kühlmitteltemperatur, die Rückschlüsse auf die Motortemperatur gibt. Das Steuergerät benötigt die Motortemperatur als Korrekturwert für die Berechnung der Einspritzmenge.

Der Kraftstofftemperatursensor ist auf der Niederdruckseite des Kraftstoffsystems eingebaut. Er erfasst die Temperatur des Kraftstoffs. Mit sich ändernder Temperatur ändert sich die Dichte des Kraftstoffs. Das Steuergerät benötigt die Kraftstofftemperatur zur genauen Berechnung des Einspritzbeginns und der Einspritzmenge. Über den Messwert des Temperatursensors wird ebenfalls eine eventuell vorhandene Kraftstoffkühlung gesteuert.

Der Lufttemperatursensor erfasst die Temperatur der angesaugten Luft. Der Ansauglufttemperatursensor kann als separater Sensor im Ansaugtrakt eingebaut sein, oder er ist in den Saugrohrdrucksensor integriert. Wie beim Kraftstoff ändert sich auch bei der Luft die Dichte bei einer Temperaturänderung. Die Information über die Ansauglufttemperatur dient dem Steuergerät als Korrekturwert für die Ladedruckregelung.

## Drucksensoren



Im Gehäuse des Drucksensor befindet sich die Auswertelektronik und eine Messzelle. In dieser Messzelle befindet sich eine Membrane, die eine Referenzdruckkammer einschließt, auf die vier Dehnwiderstände in Brückenschaltung angebracht sind. Zwei dieser Dehnwiderstände dienen als Messwiderstände und befinden sich in der Mitte der Membrane. Die beiden anderen Widerstände sind außen an der Membrane angebracht und dienen als Referenzwiderstände zur Temperaturkompensation. Ändert die Membrane durch den einwirkenden Druck ihre Form, ändert sich die Leitfähigkeit der Messwiderstände und dadurch auch die Messspannung. Diese Messspannung wird durch die Auswertelektronik aufbereitet und an das Motorsteuergerät weitergeleitet.

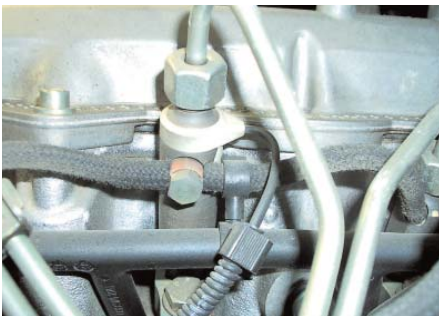
Der Ladedrucksensor erfasst den Druck im Saugrohr zwischen dem Turbolader und Motor. Gemessen wird der Ladedruck nicht gegen den Umgebungsdruck sondern gegen einen Referenzdruck im Sensor. Der Sensor liefert dem Steuergerät die Information über den Ladedruck. In dem Kennfeld für die Ladedruckregelung werden die Soll- und Istwerte verglichen und der Ladedruck über die Ladedruckbegrenzung an den Motorbedarf angepasst.



Der Umgebungsdrucksensor (Höhegeber) erfasst den Umgebungsdruck. Da dieser je nach Höhenlage schwankt, wird der Wert vom Steuergerät zur Korrektur der Ladedruckregelung und des Abgasrückführungssystems genutzt. Der Umgebungsdrucksensor ist häufig ins Steuergerät integriert, kann aber auch als separater Sensor im Motorraum untergebracht sein.

Der Kraftstoffdrucksensor erfasst den Kraftstoffdruck. Hier gibt es zwei Anwendungen: den Kraftstoffdrucksensor im Niederdruckbereich zum Beispiel im Kraftstofffilter. Dadurch lässt sich die Verschmutzung des Kraftstofffilters überwachen. Die zweite Anwendung ist die Überwachung des Kraftstoffdrucks auf der Hochdruckseite. Im Common-Rail System wird hier der Raildrucksensor eingesetzt.

### Nadelbewegungssensor



Der Nadelbewegungssensor erfasst den tatsächlichen Öffnungszeitpunkt der Einspritzdüse. Diese Information benötigt das Steuergerät um den Einspritzbeginn mit den Daten aus dem Kennfeld zu vergleichen, damit die Einspritzung jeweils zum richtigen Zeitpunkt erfolgt. Der Nadelbewegungssensor ist aufgebaut aus einem Druckbolzen, der von einer Magnetspule umgeben ist. Wird der Druckbolzen durch das Öffnen der Düsennadel mechanisch betätigt, ändert sich das Magnetfeld in der Magnetspule. In der Spule, die vom Steuergerät mit einer konstanten Spannung versorgt wird, ändert sich dadurch auch die anliegende Spannung. Aus der zeitlichen Verzögerung zwischen der Information des Nadelbewegungssensors und dem OT-Signal des Drehzahlsensors kann das Steuergerät den realen Einspritzbeginn errechnen.

### Fahrpedalsensor (Pedalwertgeber)



Der Fahrpedalsensor erfasst die Stellung des Fahrpedals. Dies kann über eine Weg- oder Winkelmessung des Fahrpedals erfolgen. Der Fahrpedalsensor kann direkt an dem Fahrpedal angebracht sein (Fahrpedalmodul) oder befindet sich im Motorraum. In diesem Fall wird er über einen Seilzug mit dem Fahrpedal verbunden. Es gibt unterschiedliche Arten von Fahrpedalsensoren. Einige arbeiten mit einem Potentiometer, das unterschiedliche Spannungen an das Steuergerät abgibt, die mit einer Kennlinie verglichen werden. Anhand der Kennlinie errechnet das Steuergerät die Stellung des Fahrpedals. Berührungslose Sensoren besitzen anstelle des Potentiometers einen Hallgeber, der fest installiert ist. Am Fahrpedal befindet sich ein Magnet, der seine Position je nach Stellung des Fahrpedals ändert. Das dadurch entstehende Signal wird verstärkt und als Spannungssignal an das Steuergerät weitergeleitet. Diese berührungslosen Sensoren haben den Vorteil, dass sie keinem Verschleiß unterliegen. Im Fahrpedalsensor sind der Leerlaufschalter und bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe der Kick-Downschalter integriert.

## Bremsschalter



Der Bremsschalter befindet sich am Fußhebelwerk und ist in der Regel kombiniert mit dem Bremslichtschalter. Er gibt dem Steuergerät ein Signal, wenn das Bremspedal betätigt wird. Das Steuergerät reduziert daraufhin die Motorleistung, um ein gleichzeitiges Bremsen und Gasgeben zu verhindern.

## Kupplungspedal- schalter



Der Kupplungsschalter ist ebenfalls am Fußhebelwerk angebaut. Er gibt dem Steuergerät die Information, ob das Kupplungspedal betätigt ist. Bekommt das Steuergerät die Information, dass das Kupplungspedal betätigt ist, reduziert es kurzzeitig die Einspritzmenge um einen „weichen“ Schaltvorgang zu erzielen.

## Klimaanlage

Das EDC-Steuergerät bekommt ein Signal, ob die Klimaanlage ein- oder ausgeschaltet ist. Diese Information ist erforderlich um bei eingeschalteter Klimaanlage die Leerlaufdrehzahl zu erhöhen. Dadurch wird verhindert, dass beim Anziehen der Kompressorkupplung die Leerlaufdrehzahl zu weit absinkt.

## Geschwindigkeits- signal

Die Information über die aktuelle Geschwindigkeit benötigt das EDC-Steuergerät zur Steuerung der Kühlerlüfter (Kühlerlüfternachlauf), zur Ruckeldämpfung während des Schaltvorgangs und für eine evtl. vorhandene Geschwindigkeitsregelanlage.

## Geschwindigkeits- regelanlage

Von der Geschwindigkeitsregelanlage erhält das EDC-Steuergerät Informationen ob die Anlage ein- oder ausgeschaltet ist, ob der Fahrer beschleunigen, verzögern oder die Geschwindigkeit halten möchte.

## Das EDC-Steuergerät

Im EDC-Steuergerät werden alle Informationen, die von den Sensoren geliefert werden verarbeitet und als Steuerungssignale für die Aktuatoren ausgegeben. Das eigentliche Steuergerät, eine Leiterplatte mit allen elektronischen Bauteilen, wird in ein Metallgehäuse montiert. Der Anschluss der Sensoren und Aktuatoren erfolgt über eine vielpolige Steckverbindung. Die notwendigen Leistungsbaulemente zur direkten Ansteuerung der Aktuatoren werden auf Kühlkörpern im Metallgehäuse installiert um die auftretende Wärme abzuführen.



Bei der Konstruktion müssen noch weitere Anforderungen berücksichtigt werden. Diese Anforderungen 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  $-40\text{ °C}$  bis ca.  $+120\text{ °C}$  einwandfrei arbeiten.

Damit in jedem Betriebszustand des Motors die richtigen Ansteuerungssignale für die Aktuatoren vom Steuergerät ausgegeben werden, muss das Steuergerät „echtzeitfähig“ sein. Dies erfordert eine hohe Rechenleistung und Rechnerarchitektur.



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, zum Beispiel von der Motor- und Ansauglufttemperatur, der angesaugten Luftmenge, der Batteriespannung, Lambdasonde usw., werden im Mikroprozessor von einem Analog/Digitalwandler in digitale Werte umgewandelt. Um Störimpulse zu verhindern, werden Signale von induktiven Sensoren, zum Beispiel zur Drehzahlerfassung und Bezugsmarkengeber, in einem Schaltungsteil aufbereitet.

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 zudem 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. Dieses ist notwendig, 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 (EOL = **E**nd **O**f **L**ine Programmierung).

Neben dem ROM oder EPROM wird auch ein Schreib-Lese-Speicher (RAM) benötigt. Er hat die Aufgabe Rechenwerte, Adaptionswerte und eventuell auftretende Fehler im gesamten System zu speichern, damit sie mit einem Diagnosegerät ausgelesen werden können. Dieser RAM-Speicher benötigt eine permanente Stromversorgung. Wird die Stromversorgung unterbrochen, zum Beispiel 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. Der Mikroprozessor steuert diese Endstufen, die ausreichend Leistung für den direkten Anschluss der einzelnen Stellglieder haben. Diese Endstufen sind so geschützt, dass sie durch Kurzschlüsse gegen Masse und Batteriespannung sowie 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.

## Aktuatoren

Die Aktuatoren (Stellglieder) führen die vom Steuergerät berechneten Befehle aus. Dies bedeutet, sie wandeln elektrische Signale vom Steuergerät in physikalische Größen um. Die wichtigsten Aktuatoren sind die Magnetventile für die Druck-, Mengen- und Spritzbeginnregelung. Hier gibt es diverse Unterschiede, abhängig vom Einspritzsystem (Pumpe-Düse, Common-Rail).

Weitere Aktuatoren sind die elektro-pneumatischen Drucksteller. Mittels einer Unterdruckdose, die durch ein elektromagnetisches Ventil mit Unterdruck geregelt wird, werden die elektrischen Signale des EDC-Steuergerätes in eine mechanische Regelung umgesetzt.

### **Elektro-pneumatische Druckwandler sind:**

## Das Abgasrückführungsventil

Das Abgasrückführungsventil regelt die Abgasmenge, die der Ansaugluft zugeführt wird.



## Der Ladedrucksteller

Der Ladedrucksteller regelt den Ladedruck. Dies kann durch Öffnen und Schließen eines Bypassventils erfolgen oder bei einem Turbolader mit variabler Turbinengeometrie, durch Verstellen des Anstellwinkels der Leitschaufeln.



## Die Regelklappe

Die Regelklappe dient zur Verbesserung der Abgasrückführung. Im unteren Drehzahl- und Lastbereich baut sie den Überdruck im Ansaugrohr ab und erleichtert dem zurückgeführten Abgas das Einströmen in den Brennraum.

## Der Drallsteller

Der Drallsteller nimmt Einfluss auf die Drehbewegung der Ansaugluft. Durch eine Erhöhung der Drallbewegung im niedrigen Drehzahlbereich und einen schwächeren Drall bei hohen Drehzahlen, wird eine bessere Vermischung der Ansaugluft und dem Kraftstoff im Brennraum erreicht. Dies führt zu einer besseren Verbrennung.

## Die Saugrohrklappe



Die Saugrohrklappe wird beim Abstellen des Motors geschlossen. Sie stoppt die Frischluftzufuhr und ermöglicht so ein „weiches“ Auslaufen des Motors.

### **Weitere Aufgaben und Komponenten, die vom Steuergerät erfüllt und angesteuert werden:**

#### **Vorglühanlage**

Das Steuergerät steuert die Vorglühanlage durch ein zusätzliches Vorglührelais oder ein weiteres Vorglühsteuergerät.

#### **Kraftstoffkühlung**

Die Kraftstoffkühlung wird ebenfalls durch ein zusätzliches Relais gesteuert.

#### **Kühlerlüfter**

Je nach Kühlmitteltemperatur wird der Kühlerlüfter angesteuert. Auch der Lüfternachlauf wird abhängig vom Lastzustand des letzten Fahrzyklus geregelt.

#### **Zusatzheizung**

Abhängigkeit von der Generatorbelastung wird die Zusatzheizung angesteuert.

#### **Klimaanlage**

Um die volle Motorleistung bei Volllast zu nutzen, wird bei zu hohen Motortemperaturen und im Notlaufprogramm zur Schonung des Motors, der Klimaanlagekompressor abgeschaltet.

## Kontrollleuchten

Bei auftretenden Fehlern wird die Motorkontrollleuchte aktiviert. Die Vorglühkontrollleuchte wird bei Bedarf angesteuert.

Zusätzlich werden vom Steuergerät Signale für den Drehzahlmesser und/oder die Multifunktionsanzeige bereitgestellt. Es beinhaltet die Kommunikationsschnittstellen für andere Fahrzeugsysteme und die Diagnose.

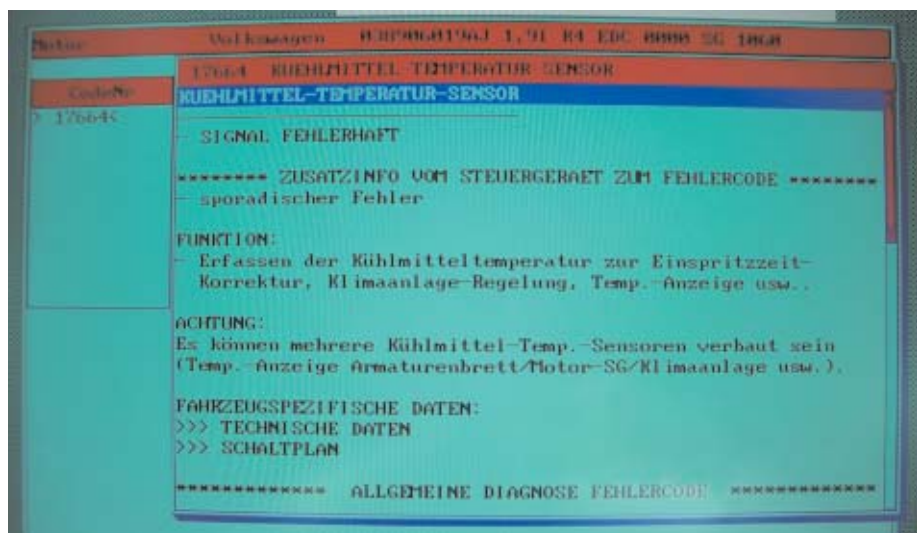
## Diagnose und Fehlersuche

Die Diagnose und Fehlersuche in einem EDC-System unterscheidet sich nicht mehr von der bei Gemischaufbereitungssystemen bei Ottomotoren. Auch hier ist mittlerweile ein geeignetes Diagnosegerät unbedingt erforderlich. Neben dem Diagnosegerät sollte ein Multimeter, besser noch ein Oszilloskop vorhanden sein, wenn diese nicht im Diagnosegerät integriert sind.

Die Prüftiefe hängt auch bei der EDC von den freigegebenen Diagnosefunktionen des Fahrzeugherstellers und den Möglichkeiten des Diagnosegeräteherstellers ab.

## Auslesen des Fehlerspeichers

Der erste Schritt bei der Diagnose sollte das Auslesen des Fehlerspeichers im Steuergerät sein. Durch die Möglichkeit der Eigendiagnose werden auftretende Fehler gespeichert. Die abgespeicherten Fehlercodes können teilweise mit weiteren Informationen versehen sein. Es werden Angaben gemacht, ob der Fehler sporadisch auftritt oder permanent vorhanden ist. Auch Informationen wie „Kurzschluss/Leitungsunterbrechung“ oder „Signal fehlerhaft“ können mit angegeben werden.



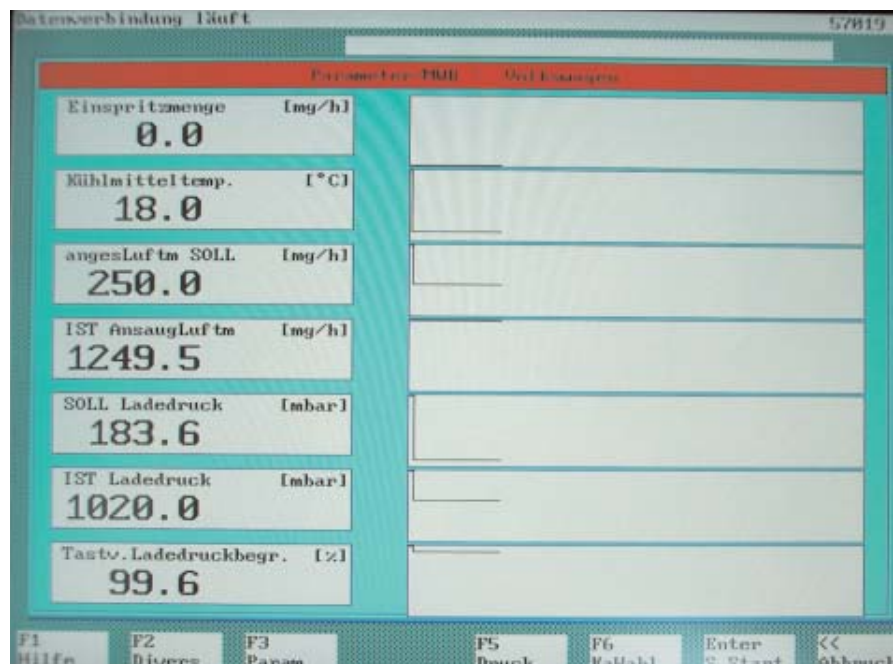


## Auslesen der Messwertblöcke

Zu beachten ist, dass ein Eintrag im Fehlerspeicher immer alle Komponenten des betroffenen Sensors/Aktuators umfasst. Das bedeutet, der Fehler kann auch in der Verkabelung, dem Stecker oder evtl. an einer mechanischen Beschädigung liegen.

Durch das Auslesen der Messwertblöcke (Istwerte-Abfrage) können die im Steuergerät verarbeiteten Signale der Sensoren dargestellt werden.

Aber auch hier ist wieder zu beachten, dass nur mit den Istwerten keine genaue Aussage über mögliche Fehler gemacht werden kann. Hierzu ist es notwendig, dass auch die erforderlichen Sollwerte vorhanden sind, um durch einen Vergleich der Soll- und Istwerte auf mögliche Fehler zu schließen. Sind diese Sollwerte nicht im Diagnosegerät hinterlegt, sind weitere Informationssysteme oder Fahrzeugherstellerangaben erforderlich. Das Auslesen der Messwertblöcke eignet sich besonders, um Fehler zu finden, bei denen kein Eintrag in den Fehlerspeicher erfolgt. Als klassisches Beispiel der Luftmassenmesser. Durch den Vergleich der Soll-/Istwerte während einer Probefahrt kann man feststellen, ob die gemessenen Werte den Anforderungen entsprechen.



## Stellgliedtest

Mit dem Stellgliedtest schafft das Diagnosegerät die Möglichkeit, auf einfache Weise die Aktuatoren zu prüfen. Während des Tests werden die Aktuatoren nacheinander vom Steuergerät angesteuert. Durch Hören, Sehen oder Fühlen kann festgestellt werden, ob der Aktuator auf das Signal reagiert und eine Funktion ausführt. Der Stellgliedtest kann auch genutzt werden, um das Signal des Steuergerätes, die Kabel und Steckverbindungen zu prüfen. Dazu sollte während des Stellgliedtests ein Multimeter oder Oszilloskop am Aktuator angeschlossen werden. Ist das gemessene Signal in Ordnung, kann man davon ausgehen, dass die Kabel und Steckverbindungen in Ordnung sind. Der Aktuator sollte dann auf elektrische oder mechanische Beschädigungen geprüft werden. Fehlt das Ansteuerungssignal oder ist es fehlerhaft, sollten die Steckverbindungen und Kabel geprüft werden. Auch hier sind wieder fahrzeugspezifische Informationen, wie Schaltpläne und Messwerte erforderlich.



Um eine sichere Fehlerdiagnose durchzuführen ist es wichtig, dass zu diagnostizierende Motorsystem genau zu kennen. Nicht alle Fehler, die auftreten müssen auch eine elektronische Ursache haben. Es besteht immer die Möglichkeit, dass es durch Fehler in der Mechanik, z. B. schlechte Kompression, defekte Einspritzdüsen zu Störungen kommt, die bei der Fehlersuche auf eine falsche „Fährte“ führen. Grundvoraussetzung ist immer eine einwandfrei funktionierende Mechanik. Deshalb ist es immer ratsam, sich durch Schulungen, sowohl im Bereich der Einspritzsysteme als auch im Umgang mit Diagnose- und Messgeräten, weiterzubilden. Nur wer alle Zusammenhänge versteht und weiß, wann die gemessenen Sensorwerte und die Stellung der Aktuatoren welche Auswirkungen im gesamten System haben, kann eine sichere Fehlerdiagnose durchführen. Diverse Fachbücher helfen hier ebenfalls sich Kenntnisse über Einspritzsysteme und Messtechniken anzueignen.

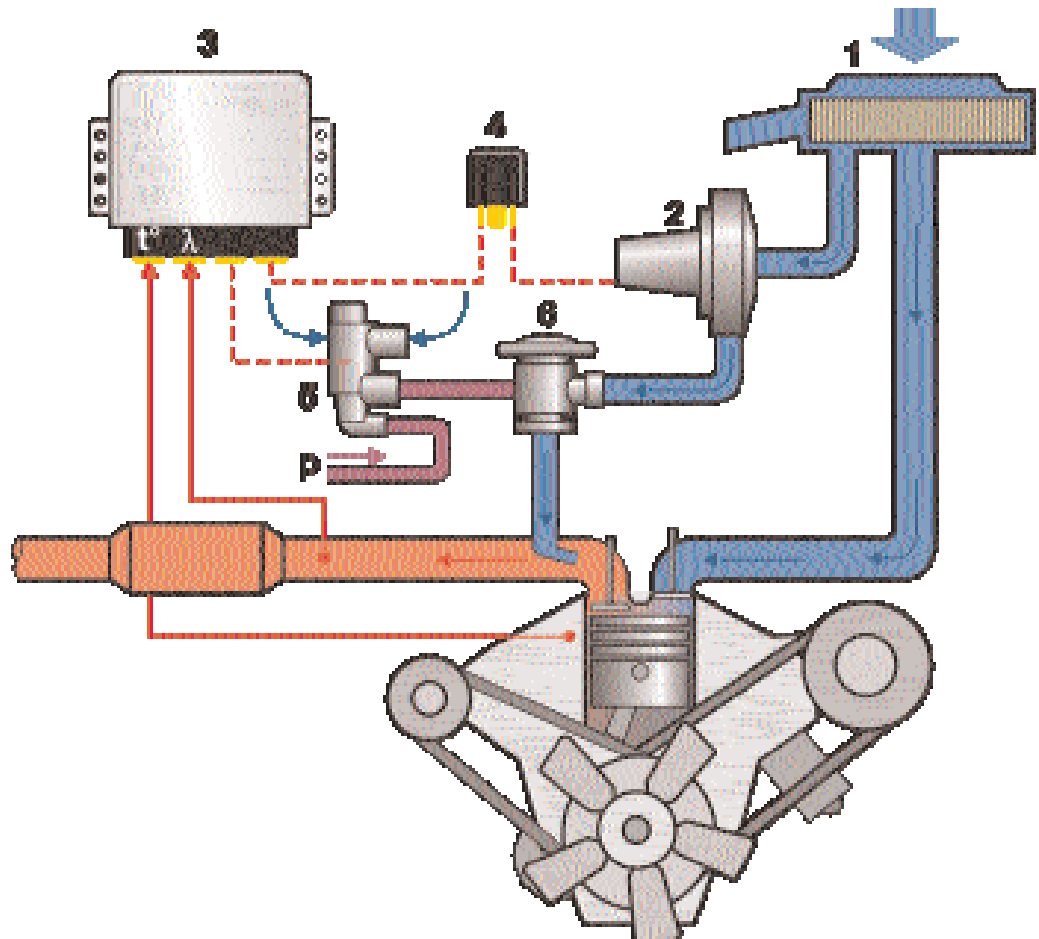
## Warum wird ein Sekundärluftsystem eingesetzt?

Mit diesem System werden die HC- und CO-Werte, während der Kaltstartphase, wenn der Katalysator noch nicht aktiv ist, weiter gesenkt.

Bei Ottomotoren, die stöchiometrisch betrieben werden, wird mit Hilfe von 3-Wege-Katalysatoren eine Konvertierungsrate von über 90 Prozent erzielt. Während des Kaltstarts werden durchschnittlich bis zu 80 Prozent der Emissionen eines Fahrzyklus erzeugt. Da der Katalysator aber erst ab einer Temperatur von ca. 300 – 350 °C beginnt wirkungsvoll zu arbeiten, müssen während dieser Zeit auf eine andere Art wirkungsvolle Maßnahmen erfolgen um die Emissionen zu senken. Hier ist die Aufgabe des Sekundärluftsystems zu sehen. Unter der Voraussetzung, dass im Abgassystem genügend Restsauerstoff vorhanden und die Temperatur hoch genug ist, reagieren das HC und CO in einer Nachreaktion weiter zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O. Damit in der Kaltstartphase, wenn das Gemisch sehr fett ist, genügend Sauerstoff zur Reaktion vorhanden ist, wird dem Abgasstrom zusätzlich Luft zugeführt. Bei Fahrzeugen, die mit einem Drei-Wege-Katalysator und einer Lambdaregelung ausgestattet sind, wird das Sekundärluftsystem nach ca. 100 Sekunden abgeschaltet. Durch die bei der Nachreaktion entstehende Wärme wird die Arbeitstemperatur des Katalysators schnell erreicht. Die Sekundärluft kann aktiv oder passiv zugeführt werden. Bei dem passiven System werden die Druckschwankungen im Abgassystem ausgenutzt. Durch den Unterdruck, der durch die Strömungsgeschwindigkeit im Abgasrohr entsteht, wird über ein Taktventil die Zusatzluft angesaugt. Bei dem aktiven System wird die Sekundärluft von einer Pumpe eingeblasen. Dieses System ermöglicht eine bessere Steuerung.

## Aufbau und Funktion des aktiven Sekundärluftsystems

- 1 Luftfilter
- 2 Sekundärluftpumpe
- 3 Motorsteuergerät
- 4 Ansteuerungsrelais
- 5 Umschaltventil
- 6 Kombiventil



----- stromlos

## **Aufbau und Funktion des aktiven Sekundärluftsystems**

Das aktive Sekundärluftsystem besteht in der Regel aus einer elektrischen Pumpe, dem Ansteuerungsrelais, einem pneumatischen Steuerventil und einem Kombiventil. Die Steuerung des Systems wird von dem Motorsteuergerät übernommen. Während das System arbeitet, wird die elektrische Pumpe über das Ansteuerungsrelais vom Motorsteuergerät eingeschaltet. Gleichzeitig wird das pneumatische Steuerventil angesteuert. Dieses öffnet sich und lässt den Unterdruck aus dem Ansaugrohr auf das Kombiventil wirken. Durch den Unterdruck wird das Kombiventil geöffnet und die von der Pumpe geförderte Zusatzluft wird hinter die Auslassventile in das Abgasrohr gepumpt. Sobald die Lambdaregelung aktiv wird, wird das Sekundärluftsystem abgeschaltet. Das Motorsteuergerät deaktiviert die elektrische Pumpe und das pneumatische Steuerventil. Das Kombiventil wird ebenfalls geschlossen und verhindert so, dass heiße Abgase zur elektrischen Pumpe gelangen und zu Beschädigungen führen.

## **Fehlersymptome bei einem Ausfall des Sekundärluftsystems**

Durch die fehlende „Nachverbrennung“ kommt es zu erhöhten Abgaswerten während der Kaltstart- und Warmlaufphase. Der Katalysator erreicht erst später seine Arbeitstemperatur. Sekundärluftsysteme, die über die Eigendiagnose des Motorsteuergerätes mit überwacht werden, verursachen bei auftretenden Fehlern ein Aufleuchten der Motorkontrollleuchte.

## **Ursachen zum Ausfall des Sekundärluftsystems**

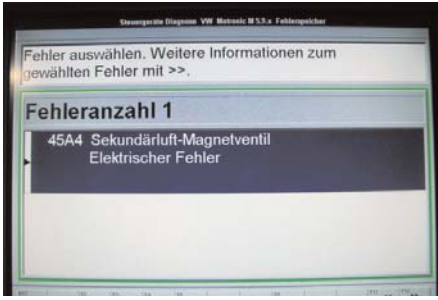
Eine häufige Ausfallursache ist eine defekte Pumpe. Durch eindringende Feuchtigkeit kommt es zu Beschädigungen in der Pumpe, die ein Festlaufen zur Folge haben. Aber auch eine fehlende Masse und Spannungsversorgung können zum Ausfall der Pumpe führen. Verstopfte oder undichte Leitungen führen ebenfalls zum Ausfall oder Fehlfunktion des Systems. Das Ansteuerungs- und Kombiventil fällt durch Verstopfung, Beschädigungen oder fehlende Ansteuerung aus.

## **Fehlersuche und Diagnosearbeiten am Sekundärluftsystem**

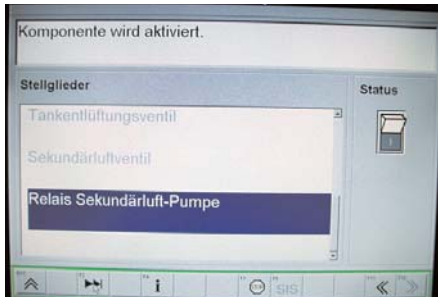
Wie bei allen anderen Fehlersuch- und Diagnosearbeiten sollte mit einer Sichtprüfung und zusätzlich einer Akustikprüfung begonnen werden. Bei der Akustikprüfung kann man, bei kaltem Motor im Leerlauf, die elektrische Pumpe hören. Auch nach dem Abstellen des Motors ist das Auslaufgeräusch der Pumpe deutlich zu hören. Bei der Sichtprüfung sollten alle Bauteile auf Beschädigungen geprüft werden. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf die Leitungen und Schlauchverbindungen gelegt werden. Sie sollten richtig auf den Bauteilen aufgesteckt sein und keine Scheuerstellen aufweisen. Sie dürfen ebenfalls nicht abgeknickt oder durch zu enge Radien blockiert sein. Auch die Sicherungen sollten vorhanden sein und auf Beschädigungen geprüft werden. Wird bei diesen Prüfungen kein Fehler festgestellt, kann zur weiteren Diagnose ein geeignetes Diagnosegerät herangezogen werden. Grundvoraussetzung ist, dass das System fahrzeugherstellerseitig diagnosefähig ist.



# Sekundärluftsystem



Eventuell abgespeicherte Fehler können durch das Auslesen des Fehler-speichers ausgelesen und behoben werden.



Sind im Fehlerspeicher keine Fehler abgespeichert, kann mit Hilfe des Stellgliedtests die elektrische Pumpe eingeschaltet werden. Bei dieser Prüfung wird gleichzeitig die Funktion des Ansteuerungsrelais mitgeprüft. Auch die Ansteuerung des Steuerventils kann mit dem Stellgliedtest geprüft werden. Die Funktion des Steuerventils kann auch ohne ein Diagnosegerät geprüft werden. Dazu die Unterdruckleitung, die zum Kombiventil führt abziehen. Starten sie den kalten Motor.



Am Stutzen des Steuerventils sollte ein Unterdruck zu fühlen sein (es kann auch eine Vakuumpumpe angeschlossen werden), sobald die Sekundärluftpumpe zu laufen beginnt.



Sollte kein Unterdruck fühlbar sein, prüfen Sie mit einem Multimeter die Ansteuerung des Steuerventils. Ist diese in Ordnung, ist von einem defekten Steuerventil auszugehen.



Die Funktion des Kombiventils kann mit Hilfe einer Vakuumpumpe geprüft werden. Ziehen sie dazu die Vakuumleitung am Kombiventil ab und schließen die Vakuumpumpe am Ventil an.



Lösen Sie jetzt die Schlauchverbindung von der Sekundärluftpumpe zum Kombiventil an der Pumpe. Blasen Sie mit leichtem Druck in die Leitung (keine Druckluft verwenden). Das Kombiventil muss geschlossen sein. Beaufschlagen Sie das Kombiventil mit Unterdruck und blasen erneut in die Schlauchverbindung. Das Kombiventil muss nun geöffnet sein. Öffnet sich das Kombiventil nicht, oder ist es permanent geöffnet, so ist das Ventil defekt.

**Bei allen Diagnose- und Prüfarbeiten sollten nach Möglichkeit immer die Fahrzeugherstellerangaben beachtet werden. Hier kann es von Hersteller zu Hersteller fahrzeugspezifische Angaben und Prüfmethode geben, die berücksichtigt werden müssen.**

Das Elektronische Stabilitäts-Programm gehört mittlerweile in vielen Fahrzeugmodellen zur Serienausstattung. Mit steigender Anzahl von Fahrzeugen, die mit ESP ausgestattet sind, steigt natürlich auch die Fehlerhäufigkeit und der Reparaturbedarf in der Werkstatt. Wir möchten hier die Funktion, die einzelnen Bauteile des Systems und Möglichkeiten zur Diagnose erklären.

## **Aufgabe des ESP**

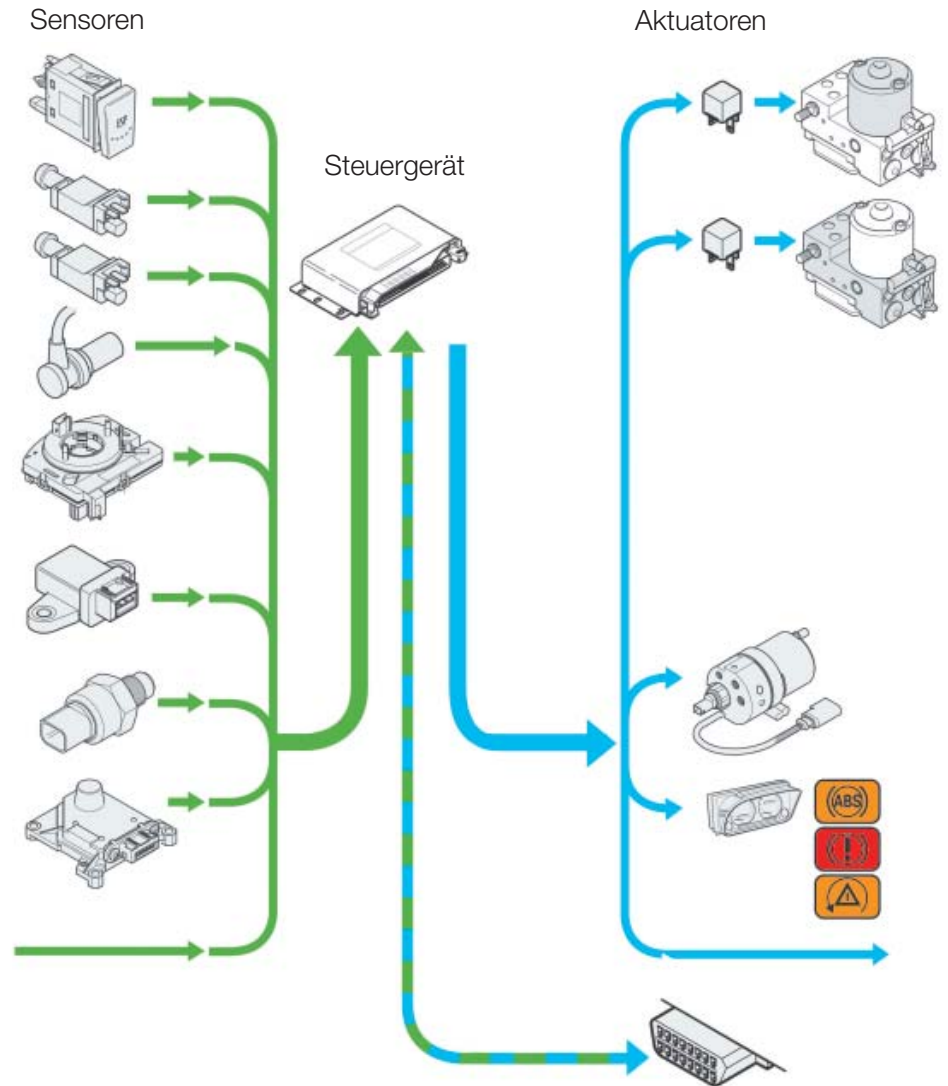
Das ESP hat die Aufgabe, ein seitliches Ausbrechen bei Kurvenfahrten oder in kritischen Situationen, z. B. Ausweichmanövern (Elchtest) zu vermeiden. Das System greift gezielt in das Bremssystem, Motor- und Getriebemanagement ein und hält das Fahrzeug in der Spur. Wichtig ist dabei, dass physikalische Gesetze nicht außer Kraft gesetzt werden können. Sobald die Grenzen überschritten werden, kann auch das ESP-System einen Ausbruch des Fahrzeugs nicht verhindern.

## **Funktionsweise**

Was geschieht, wenn das ESP aktiv ist? Damit das ESP aktiv wird, muss eine kritische Fahrsituation vorliegen. Eine kritische Situation wird folgendermaßen erkannt: Das System benötigt zwei grundlegende Informationen, um eine kritische Fahrsituation zu erkennen. Erstens, den Wunsch des Fahrers und zweitens, wo fährt das Fahrzeug hin. Ergeben sich aus diesen beiden Informationen Unterschiede, d. h. fährt das Fahrzeug nicht dorthin, wo der Fahrer hin lenkt, ergibt sich für das ESP eine kritische Fahrsituation. Dies kann sich in einem Unter- bzw. Übersteuern bemerkbar machen. Kommt es zu einem Untersteuern des Fahrzeugs, wird durch einen gezielten Eingriff in das Bremssystem und das Motormanagement die Neigung zum Untersteuern ausgeglichen. Dabei wird das hintere, kurveninnere Rad gezielt abgebremst. Kommt es zu einem Übersteuern und das Fahrzeug neigt zum Schleudern, wird durch gezielten Bremsengriff am vorderen, kurvenäußeren Rad dem Übersteuern entgegengewirkt.

Im folgenden werden wir die Sensoren und Aktuatoren des Systems erklären. Zu beachten ist, dass es hier bei den verschiedenen Fahrzeugherstellern Unterschiede in bestimmten Funktionen oder im Aufbau gibt. Wir beschränken uns hier auf ein System, wie es zum Beispiel in einem VW Passat, Baujahr 97 verbaut ist.

## Aufbau des ESP-Systems



### Das Steuergerät



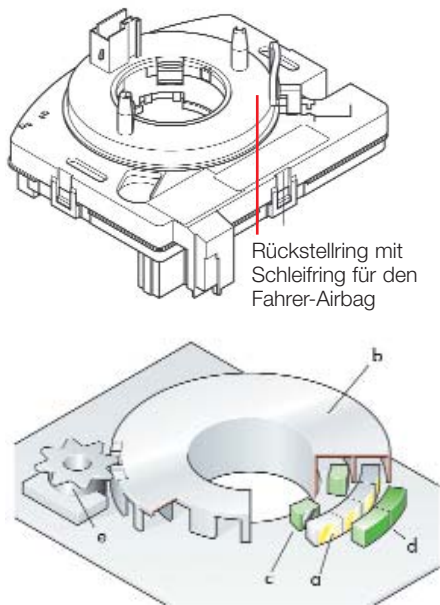
Das ESP-Steuergerät ist bei diesem System nicht mit der Hydraulikeinheit verbunden. Es ist im rechten, vorderen Fußraum an der Spritzwand eingebaut. Das Steuergerät besteht aus einem leistungsstarken Computer. Um eine größtmögliche Sicherheit zu gewährleisten, besteht das System aus zwei Rechnern mit eigener Spannungsversorgung und Diagnoseschnittstelle, die die gleiche Software verwenden. Alle Informationen werden parallel verarbeitet und die Rechner überwachen sich gegenseitig. Das Steuergerät ist ebenfalls zuständig für die Regelung des ABS/ASR und EDS. Alle Systeme sind in einem Steuergerät vereint.

### Lenkwinkelsensor

Der Lenkwinkelsensor ermittelt den Winkel des Lenkeinschlags und gibt die Information an das Steuergerät weiter. Eingebaut ist der Lenkwinkelsensor auf der Lenksäule. Wie funktioniert der Lenkwinkelsensor? Er arbeitet nach dem Prinzip einer Lichtschranke. Eine Codierscheibe mit zwei Ringen in Form einer Lochmaske, einem Absolut-Ring und einem Inkremental-Ring, wird über eine Lichtquelle, die sich zwischen den beiden Ringen befindetet, gestülpt. Zwei optische Sensoren sind jeweils gegenüber der Lichtquelle angeordnet.



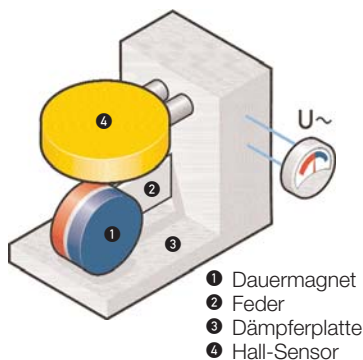
# Elektronisches Stabilitäts-Programm (ESP)



Wird nun das Lenkrad gedreht und Licht fällt durch die Öffnungen der Lochmasken auf die optischen Sensoren, wird in diesen eine Spannung erzeugt. Durch die unterschiedliche Form der Lochmasken, ergeben sich unterschiedliche Spannungsfolgen. Auf der Seite des Inkremental-Ringes ergibt sich ein gleichmäßiges Signal, während auf der Seite des Absolut-Ringes ein unregelmäßiges Signal entsteht. Aus dem Vergleich der beiden Signale kann das Steuergerät errechnen, wie weit das Lenkrad gedreht wurde. Zusätzlich verfügt der Lenkwinkelsensor über ein Zählwerk, das die vollen Lenkradumdrehungen zählt. Dies ist notwendig, da die Winkelsensoren in der Regel nur Winkel bis  $360^\circ$  erfassen, das Lenkrad aber um  $720^\circ$  ( vier volle Umdrehungen) gedreht werden kann. Auf der Unterseite des Lenkwinkelsensors befindet sich der Rückstellring, mit Schleifring, für den Airbag.

Lichtquelle (a), Codierscheibe (b), optische Sensoren (c+d) und Zählwerk (e) für volle Umdrehungen.

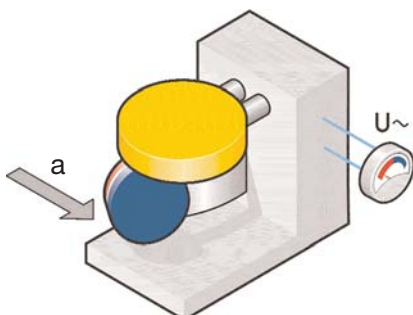
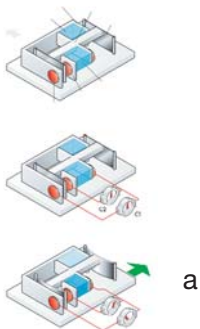
## Querbeschleunigungssensor



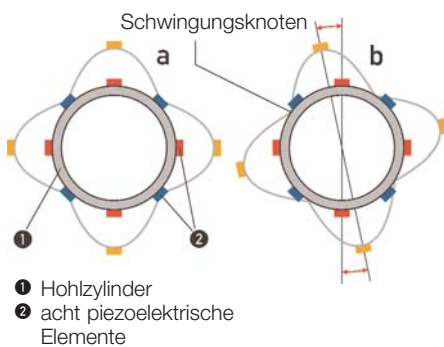
- 1 Dauermagnet
- 2 Feder
- 3 Dämpferplatte
- 4 Hall-Sensor

Der Querbeschleunigungssensor hat die Aufgabe festzustellen, welche seitlichen Kräfte auftreten und versuchen das Fahrzeug aus der Spur zu bringen. Er ist immer möglichst nahe am Fahrzeugschwerpunkt eingebaut.

Wie funktioniert der Querbeschleunigungssensor? Der Querbeschleunigungssensor besteht aus einem Dauermagneten, einem Hallgeber, einer Dämpferplatte und einer Feder. Der Dämpfer, die Feder und der Dauermagnet bilden zusammen ein Magnetsystem. Der Dauermagnet, der mit der Feder verbunden ist, kann frei über der Dämpferplatte hin- und herschwingen. Wirkt auf das Fahrzeug eine Querbeschleunigung, bewegt sich die Dämpferplatte unter dem Dauermagneten hinweg, der aufgrund seiner Massenträgheit diese Bewegung erst verspätet mitmacht. Durch die Bewegung entstehen in der Dämpferplatte Wirbelströme, die ein Gegenfeld zum Magnetfeld des Dauermagneten aufbauen. Die daraus resultierende Abschwächung des Gesamtmagnetfeldes bewirkt eine Änderung der Hall-Spannung. Die Stärke der Spannungsänderung ist proportional zur Stärke der Querbeschleunigung. Das bedeutet, um so stärker die Bewegung zwischen dem Dauermagneten und der Dämpferplatte ist, um so mehr wird das Gesamtmagnetfeld abgeschwächt und um so mehr ändert sich die Hall-Spannung. Solange keine Querbeschleunigung einwirkt, bleibt die Hall-Spannung konstant.



## Gierratensensor (Drehratensensor)

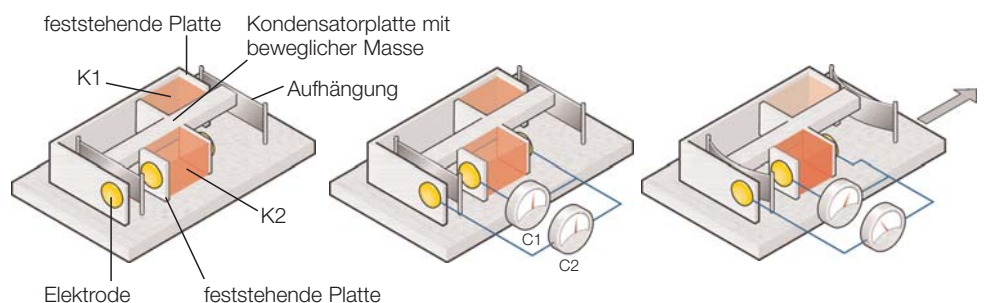


Der Gierratensensor hat die Aufgabe festzustellen, ob das Fahrzeug dazu neigt, sich um seine Hochachse zu drehen (Schleudern). Er ist ebenfalls möglichst nahe am Fahrzeugschwerpunkt eingebaut. Der Gierratensensor ist aus einem Hohlzylinder aufgebaut, auf dem 8 piezoelektronische Elemente angebracht sind. Vier von diesen Elementen versetzen den Hohlzylinder in eine Resonanzschwingung. Die anderen vier Elemente registrieren, ob sich die Schwingungsknoten, an denen sie sitzen, verändern. Wirkt auf den Hohlzylinder ein Drehmoment, verschieben sich die Schwingungsknoten. Die Verschiebung wird von den Piezo-Elementen erfasst und an das Steuergerät weitergeleitet. Dieses errechnet daraus die Gierrate.

## Kombinierter Sensor für Querschleunigung und Gierrate



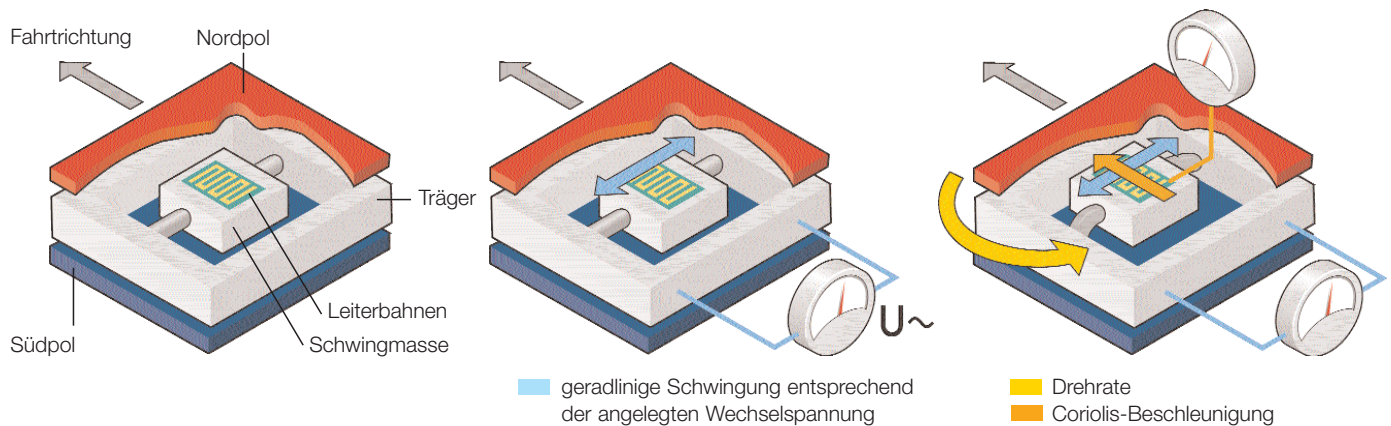
Diese beiden Sensoren werden bei neueren Systemen in einem Gehäuse zusammengefasst. Sie sind auf einer Leiterplatte montiert und arbeiten nach dem mikromechanischen Prinzip. Daraus ergeben sich einige Vorteile, wie geringerer Bauraum und eine genauere Ausrichtung der beiden Sensoren zueinander. Dieser kombinierte Sensor unterscheidet sich auch im Aufbau von den einzelnen Sensoren. Der Querschleunigungssensor ist wie folgt aufgebaut. Eine Kondensatorplatte mit einer beweglichen Masse ist so aufgehängt, dass sie hin und her schwingen kann. Diese bewegliche Platte wird von zwei fest eingebauten Kondensatorplatten eingefasst. So entstehen zwei Kondensatoren (K1 und K2), die hintereinander geschaltet sind. Durch Elektroden kann nun die Ladungsmenge (Kapazität C1 und C2), die die beiden Kondensatoren aufnehmen können, gemessen werden. Im Ruhezustand sind die gemessenen Ladungsmengen bei beiden Kondensatoren gleich. Wenn auf den Sensor eine Querschleunigung einwirkt, verschiebt sich, durch die Massenträgheit, die bewegliche Platte entgegen der Beschleunigungsrichtung. Durch diese Verschiebung ändert sich der Abstand zwischen den Platten und somit die Ladungsmenge der Kondensatoren. Diese Änderung der Ladungsmenge ist die Messgröße für das Steuergerät.



Der Gierratensensor ist auf derselben Platine, aber räumlich getrennt, vom Querschleunigungssensor aufgebracht. Er ist wie folgt aufgebaut: eine schwingfähige Masse, auf der Leiterbahnen angebracht sind, wird in einem Träger in einem konstanten Magnetfeld zwischen einem Nord- und Südpol angebracht. Legt man eine Wechselspannung an, fängt die schwingfähige Masse mit den Leiterbahnen, geradlinig zur angelegten Wechselspannung, an zu schwingen. Kommt es nun zu einer Drehbewegung, wird durch die Trägheit der schwingenden Masse, die gleichmäßige Hin- und Herbewegung verändert. Durch die veränderte Bewegung der Masse im Magnetfeld, ändert sich auch das elektrische Verhalten der Leiterbahnen.

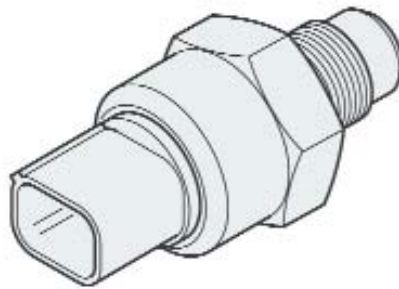
# Elektronisches Stabilitäts-Programm (ESP)

Diese elektrische Veränderung ist das Maß für die Stärke der Drehbewegung. Um ein Höchstmaß an Sicherheit zu gewährleisten, ist dieser Aufbau doppelt vorhanden.



## Sensor für Bremsdruck

Der Sensor für den Bremsdruck ist in die Hydraulikpumpe für das ESP eingebaut. Er hat die Aufgabe, den aktuellen Bremsdruck im Bremskreis für das Steuergerät zu erfassen. Das Steuergerät errechnet aus den Werten des Bremsdrucksensors die Radbremskräfte, die im Einsatzfall mit in die Berechnungen einfließen. Der Bremsdrucksensor ist aus einem piezoelektrischen Element, auf den der Druck der Bremsflüssigkeit einwirkt und einer Auswertelektronik aufgebaut. Durch eine Druckänderung wird die Ladungsverteilung im piezoelektrischen Element verändert. Ist das Element drucklos, sind die Ladungen gleichmäßig verteilt. Mit steigendem Druck verschieben sich die Ladungen und es entsteht eine Spannung. Je höher der Druck steigt, um so mehr werden die Ladungen getrennt. Die Spannung steigt dabei weiter an. Die Auswertelektronik verstärkt diese Spannung und sendet sie an das Steuergerät.



## Ein/Ausschalter für ESP-System

In bestimmten Situationen ist es sinnvoll, das ESP-System auszuschalten, zum Beispiel auf einem Leistungsprüfstand oder beim Fahren mit Schneeketten. Um dem Fahrer dies zu ermöglichen, wird ein Ein-/Ausschalter eingebaut. Wird das System mit dem Schalter ausgeschaltet und nicht wieder eingeschaltet, schaltet sich das System nach einem Motor-Neustart automatisch wieder ein. Ist das ESP-System aktiv, kann es nicht abgeschaltet werden. Ebenfalls nicht, wenn eine bestimmte Geschwindigkeit überschritten ist.



## Die Hydraulikpumpe



Mit Hilfe der Hydraulikpumpe wird der nötige Vordruck auf der Saugseite der Rückförderpumpe des ABS-Systems erzeugt. Die Rückförderpumpe ist nicht in der Lage den nötigen Vordruck aufzubauen, wenn das Bremspedal nicht betätigt wird und kein Druck im System vorherrscht.

## Die Hydraulikeinheit



In der Hydraulikeinheit befinden sich die Schaltventile für die einzelnen Radbremsen, die zur Steuerung des Bremsdrucks notwendig sind. Mit ihnen werden in der Hydraulikeinheit die zur Regelung erforderlichen 3 Druckzustände geregelt: Druck aufbauen, Druck halten, Druck abbauen.

## Die Raddrehzahlsensoren



Die Raddrehzahlsensoren erfassen die Raddrehzahl der einzelnen Räder. Aus diesen Informationen errechnet das Steuergerät die Radumfangsgeschwindigkeit.

## Der Bremspedalschalter und Bremslichtschalter



Der Bremspedalschalter erfasst die Stellung des Bremspedals. Durch ihn bekommt das Steuergerät die Information, ob das Bremspedal betätigt wird oder nicht. Der Bremslichtschalter ist für die Ansteuerung der Bremsleuchten zuständig.



# Elektronisches Stabilitäts-Programm (ESP)

## Die Kontrollleuchten



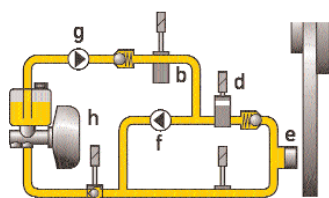
In der Instrumententafel befinden sich drei Kontrollleuchten, die für das ESP-System von Bedeutung sind. Die Kontrollleuchte für das ABS, die Bremsanlage und das ESP/ASR. Über diese Kontrollleuchten werden Fehler oder der Ausfall des jeweiligen Systems angezeigt. Da alle Systeme voneinander abhängig sind, können Fehler oder der Ausfall eines Systems, Probleme in einem anderen System verursachen.

## Zusätzliche Informationen

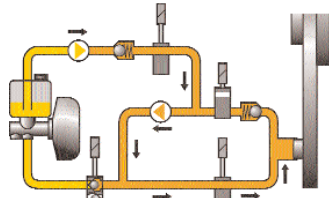
Das ESP-Steuergerät ist auch mit dem Motorsteuergerät und Getriebe-steuergerät (nur Automatik) sowie mit einem evtl. vorhandenen Navigations-steuergerät verbunden. Es werden Informationen über die Betriebszustände der einzelnen Aggregate ausgetauscht. Im Falle einer Regelung des ESP-Systems, erfolgt auch ein Eingriff in das Motor- und Getriebemanagement.

## Was geschieht während einer ESP Regelung?

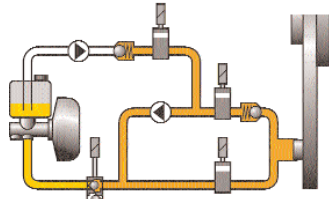
Während eines Eingriffs des ESP-Systems laufen folgende Dinge ab: das Steuergerät erkennt, aufgrund der übertragenen Werte der Sensoren, eine kritische Fahrsituation. In der Hydraulikeinheit beginnt der Prozess des Druckaufbaus für den oder die erforderlichen Bremskreise. Die Hydraulikpumpe beginnt Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter in den Bremskreis zu fördern. An den Radbremszylindern und der Rückförderpumpe steht jetzt sehr schnell der Bremsdruck zur Verfügung. Die Rückförderpumpe fängt auch an zu fördern, um den Bremsdruck noch weiter zu erhöhen. Ist genügend Bremsdruck aufgebaut, wird er konstant gehalten. Das Einlassventil wird geschlossen und die Rückförderpumpe hört auf zu fördern. Da das Auslassventil auch noch geschlossen ist, bleibt der Druck konstant. Wird kein Bremsdruck mehr benötigt, öffnet das Auslassventil und gleichzeitig das Schaltventil. Die Bremsflüssigkeit kann nun durch den Hauptbremszylinder zurück in den Vorratsbehälter fließen. Da das Einlassventil geschlossen bleibt, kann keine neue Bremsflüssigkeit nachfließen und der Bremsdruck wird abgebaut.



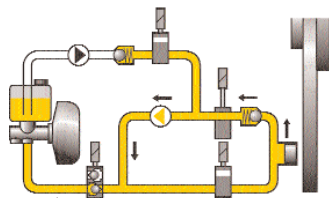
Funktionsschema



1 - Druck aufbauen



2 - Druck halten



3 - Druck abbauen

- ◀ Schaltventil (a)
- Hochdruckschaltventil (b)
- Einlaßventil (c)
- Auslaßventil (d)
- Radbremszylinder (e)
- Rückförderpumpe (f)
- Hydraulikpumpe für Fahrdynamik (g)
- Bremskraftverstärker (h)

## Welche Fehler treten im ESP-System auf?

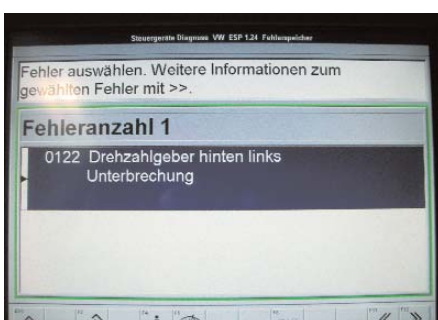
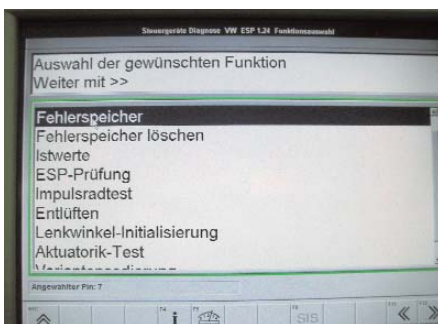
Neben allen mechanischen Problemen und Undichtigkeiten, kommt es auch zu Ausfällen in der Elektronik. Es können einzelne Sensoren, Schaltventile oder das Steuergerät ausfallen. Die häufigsten Defekte liegen sicherlich im Bereich der Raddrehzahlsensoren und des Lenkwinkelsensors. Wichtig ist, dass zum Beispiel auch eine verstellte Radspur zu Fehlern im System führen kann.

## Diagnose

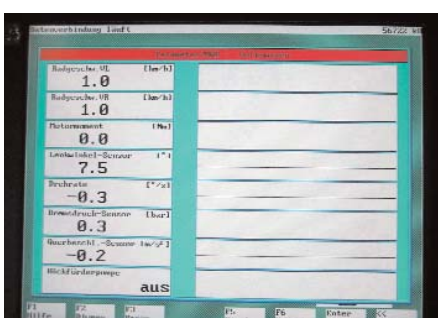
Kommt es zum Ausfall des ESP-Systems, wird dies durch das permanente Aufleuchten der Kontrolllampe angezeigt. Bevor mit einer aufwendigen Diagnose begonnen wird, sollte in jedem Fall eine Sichtprüfung durchgeführt werden. Dabei sollte besonders auf Undichtigkeiten und Beschädigungen von Bauteilen geachtet werden. Werden bei der Sichtprüfung keine Auffälligkeiten festgestellt, kommt zur weiteren Prüfung ein Diagnosegerät zum Einsatz. Das ESP-System verfügt über eine Eigendiagnose. Das bedeutet, es erkennt Fehler wie Leitungsunterbrechungen, Kurzschlüsse nach Masse oder Plus oder Defekte in den Sensoren. Diese Fehler können im Fehlerspeicher des Steuergerätes abgelegt und ausgelesen werden. Folgende Bauteile werden von der Eigendiagnose erfasst: Das Steuergerät, der Quereschleunigungssensor, der Gierratensensor, der Bremsdrucksensor, die Schalt- und Hochdruckventile in der Hydraulikeinheit und die Hydraulikpumpe. Fehler im Ein/Ausschalter werden nicht von der Eigendiagnose erfasst.

## Prüfungen mit dem Diagnosegerät

Mit einem geeigneten Diagnosegerät kann das ESP-System diagnostiziert werden. Je nach Gerät, bieten sich hier eine Vielzahl von Prüfmöglichkeiten, bis hin zur speziell vorgegebenen Systemprüfung.

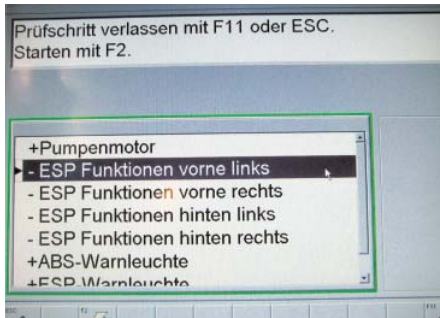


Als erster Schritt sollte der Fehlerspeicher ausgelesen werden. Aufgetretene Fehler werden hier abgespeichert und geben erste Hinweise auf die mögliche Fehlerursache. Der abgespeicherte Fehler kann direkt auf ein defektes Bauteil (Bild Fehlerspeicher 2) oder auf einen Kurzschluss/Kabelunterbrechung hinweisen. So können gezielt Reparaturarbeiten durchgeführt werden.



Sind im Fehlerspeicher keine Fehler abgespeichert, können mit Hilfe der Istwertabfrage, gezielt Parameter abgefragt und bewertet werden. Zur Bewertung der angezeigten Istwerte, sind technische Unterlagen mit den erforderlichen Sollwerten nötig, sofern sie nicht im Diagnosegerät abgelegt sind. Fehler, die im Fehlerspeicher abgespeichert sind, werden auch während der Istwertabfrage angezeigt. Eine weitere Prüfmöglichkeit ist der Stellgliedertest (Aktuatortest). Bei diesem Test können einzelne Bauteile durch das Diagnosegerät angesteuert und somit ihre Funktion geprüft werden.

# Elektronisches Stabilitäts-Programm (ESP)



Mit den speziell vorgegebenen Systemprüfungen, wird eine geführte Prüfung der einzelnen Bauteile durchgeführt.



Das Diagnosegerät gibt die einzelnen Prüfschritte vor und zeigt die Ergebnisse ähnlich der Istwertabfrage an. Auch hier können wieder Bewertungen über den Zustand der Bauteile gemacht werden. Ohne ein geeignetes Diagnosegerät ist eine aussagekräftige Diagnose schwer möglich. Der Fehlerspeicher kann nicht abgefragt und nach eventuell erfolgreicher Reparatur nicht gelöscht werden. Aus diesem Grund ist ein geeignetes Diagnosegerät erforderlich. Dennoch gibt es die Möglichkeit, einzelne Bauteile, zum Beispiel mit dem Multimeter oder Oszilloskop zu prüfen. Hierzu sind natürlich technische Unterlagen, wie Schaltpläne und Sollwerte erforderlich.

## Prüfung der Raddrehzahlsensoren



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 und 1200  $\Omega$  liegen (Sollwerte beachten). Beträgt der Wert 0  $\Omega$  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. 200 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 das Messkabel des Oszilloskops, an die Signalleitung des Sensors und das Massekabel an einen geeigneten Massepunkt anschließen. 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 von aktiven Sensoren**

Zur Prüfung von aktiven Sensoren empfiehlt es sich, ein speziell dafür vorgesehenes Prüfgerät zu verwenden. Aktive Sensoren benötigen für ihre Funktion eine Spannungsversorgung und können daher nicht abgeklemmt geprüft werden. Mit Hilfe des Prüfgerätes lassen sich der Ausgangsstrom, die Anzahl der Nord/Südpole auf dem Encoderrad, ein zu großer oder kleiner Luftspalt und ein Kurzschluss zu Masse und Plus feststellen.

## **Prüfung der Spannungsversorgung des Steuergerätes**

Wichtig ist, dass die Batteriespannung in Ordnung ist, damit während der Messung evtl. Spannungsabfälle an den Kabeln / Steckern erkannt werden können.

## **Messen der Spannungs- und Masseversorgung am Steuergerät**

Dazu den Stecker vom Steuergerät abklemmen. Auf dem Schaltplan die Pinbelegung ablesen und das rote Messkabel des Multimeters an den jeweiligen Pin 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 sehr vorsichtig vorgehen, 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 Multimeter 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 Länge variieren kann).

## **Was ist beim Austausch einzelner Bauteile zu beachten?**

Ist es erforderlich den Lenkwinkelsensor oder das Steuergerät auszutauschen, muss im Anschluss eine Grundeinstellung durchgeführt werden. Aber auch während der Montage des Lenkwinkelsensors ist darauf zu achten, dass die Vorderräder und das Lenkrad in Geradeausstellung stehen und der neue Sensor sich in der Mittelstellung befindet. Beim Austausch des kombinierten Sensors für die Gierrate und Querschleunigung, oder der einzelnen Sensoren, muss sehr vorsichtig vorgegangen werden. Diese Sensoren sind sehr empfindlich. Sie dürfen nur in ihrer vorgegebenen Position eingebaut werden. Es darf auf keinen Fall zu Verspannungen oder einem gewaltsamen Pressen, mit Hilfe der Befestigungsschrauben, in ihre Einbaulage kommen. Auch ein Ändern der Einbaurichtung ist nicht zulässig.







# 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**