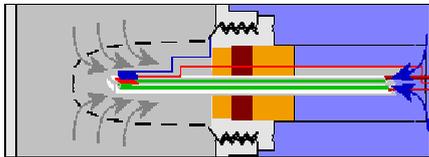
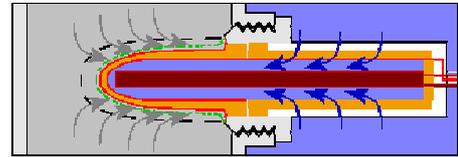


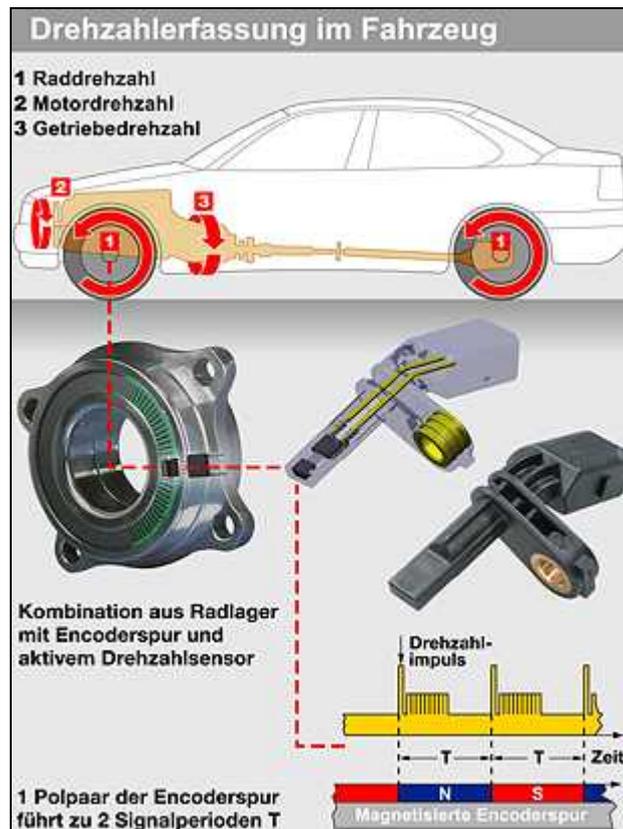
Sensoren



im



Kraftfahrzeug



Inhaltsverzeichnis

1	<u>Allgemein</u>	2
1.1	<u>Begriff, Definition</u>	2
1.2	<u>Einteilung</u>	2
1.2.1	<i>nach Aufgabe und Anwendung</i>	2
1.2.2	<i>aktiver bzw. passiver Sensor</i>	2
1.3	<u>induktiver bzw. kapazitiver Sensor</u>	3
2	<u>Kennlinien</u>	4
2.1	<u>Kennlinienarten</u>	4
2.1.1	<i>Stetig lineare Kennlinie</i>	4
2.1.2	<i>Stetig nicht lineare Kennlinie</i>	4
2.1.3	<i>Unstetig zweistufige Kennlinie</i>	4
2.1.4	<i>Unstetig mehrstufige Kennlinie</i>	4
2.2	<u>Signalformen</u>	6
3	<u>Sensorarten</u>	7
3.1	<u>Kapazitive Näherungssensoren</u>	7
3.2	<u>Kapazitiver Keramik-Beschleunigungssensor</u>	7
3.3	<u>Induktiver Motordrehzahlsensor</u>	8
3.4	<u>Raddrehzahlsensoren</u>	9
3.4.1	<i>Passiver (induktiver) Drehzahlsensor</i>	9
3.4.2	<i>Aktiver Drehzahlsensor</i>	9
3.5	<u>Drehwinkelsensor (Differenzial-Feldplattensensor)</u>	11
3.6	<u>Hall-Phasensensor</u>	12
3.7	<u>Ölsensor</u>	13
3.8	<u>Regensensor</u>	14
3.9	<u>Schmutzsensoren</u>	15
3.10	<u>Radar-Abstandsensor</u>	16
3.11	<u>Ultraschall-Innenraumüberwachung</u>	17
3.12	<u>Ultraschallsensor-Einparkhilfe</u>	18
3.13	<u>Klopfsensor</u>	19
3.14	<u>Neigungssensor</u>	21
3.15	<u>Batteriesensor</u>	22
3.16	<u>Lambdasonde-Begriffe</u>	24
3.16.1	<i>Spannungssprungsonde</i>	25
3.16.2	<i>Widerstandssprungsonde</i>	27
3.16.3	<i>Breitbandsonde</i>	28
	<u>Abbildungsverzeichnis</u>	30

1 Allgemein

1.1 Begriff, Definition

Der Begriff *Sensor* ist gleichbedeutend mit den Begriffen (Mess-) Fühler und (Messwert-) Aufnehmer. Sensoren setzen eine **physikalische oder chemische Größe Φ** unter Berücksichtigung von Störgrößen Y_i in eine **elektrische Größe E** um. Dies geschieht oft auch über weitere, nichtelektrische Zwischenstufen. Als elektrische Größen gelten hier nicht nur Strom und Spannung, sondern auch Strom-/Spannungsamplituden, Frequenz, Periode, Phase oder auch Pulsdauer einer elektrischen Schwingung sowie die elektrischen Kenngrößen Widerstand, Kapazität und Induktivität (*Abb.1: Sensorgrundfunktion*).

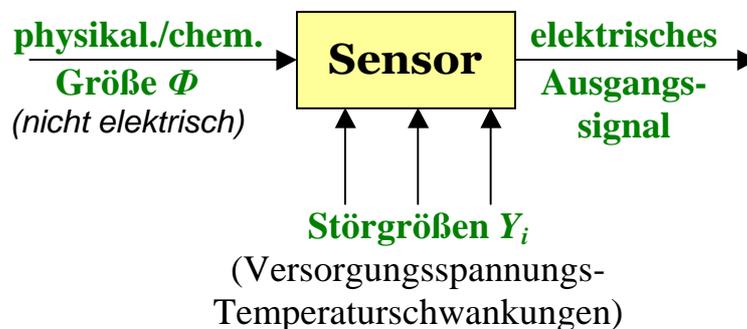


Abb.1: Sensorgrundfunktion

1.2 Einteilung

1.2.1 nach Aufgabe und Anwendung

- Funktionelle Sensoren, vorwiegend für Steuerungs- und Regelungsaufgaben,
- Sensoren für Sicherheit und Sicherung (Diebstahlschutz) und
- Sensoren zur Überwachung des Fahrzeugs (EOBD, Verbrauchs- und Verschleißgrößen) und zur Information von Fahrer und Passagieren.

1.2.2 aktiver bzw. passiver Sensor

- **passiver Sensor:**
(siehe auch 3.4.1 Passiver (induktiver) Drehzahlsensor)
- **aktiver Sensor:**
(siehe auch 3.4.2 Aktiver Drehzahlsensor)

1.3 induktiver bzw. kapazitiver Sensor

- **induktiver Sensor**

Sie nutzen das Induktionsgesetz zur Messung der (Dreh-) Geschwindigkeit, erzeugen also an ihrem zweipoligen Ausgang eine Spannung U_A , die der zeitlichen Änderung eines magnetischen Flusses Φ proportional ist. Die Höhe der induzierten Spannung primär von folgenden Faktoren abhängig:

- Stärke des Magnetfeldes
- Geschwindigkeit der Magnetfeldänderung

Nachteil:

Kann der Luftspalt nicht konstant gehalten werden (z.B. Rattervorgänge od. mech. Spiel), so erzeugt sie ebenso eine Flussänderung wie die Messgeschwindigkeit. Dieser Effekt kann somit zu Spannungsimpulsen führen, die nicht oder nur schwer von echten Drehzahlensignalen zu unterscheiden sind. Solche Fehlimpulse können leicht eine große Amplitude haben, da sich der Fluss exponentiell mit dem Luftspalt ändert und die Schwankungsvorgänge (z.B. Rattern der Bremsen) oft hochfrequenter Natur sind.

Einsatz:

Induktive Sensoren sind dynamische Sensoren und eignen sich für Geschwindigkeiten, die nicht extrem langsam sind, da ihr Ausgangssignal in diesem Fall gegen null geht.

- **kapazitiver Sensor**

Die Kapazität eines Kondensators ist abhängig von der wirksamen Elektrodenfläche, dem Elektrodenabstand und vom Dielektrikum zwischen den Elektroden. Diese Abhängigkeiten können als Sensorprinzipien genutzt werden.

Bei Druck-Sensoren wird häufig die Durchbiegung einer Membran kapazitiv gemessen. Gebräuchlich sind auch kapazitive Feucht-Sensoren, bei denen die Einlagerung z.B. von Wasser oder Öl im Dielektrikum erfasst wird (*Kapitel 3.7 Ölsensor*) und kapazitive Abstandssensoren (*Kapitel 3.1 Kapazitive Näherungssensoren*). Zunehmend gewinnt das kapazitive Messprinzip bei mikromechanisch hergestellten Sensoren an Bedeutung.

2 Kennlinien

2.1 Kennlinienarten

2.1.1 Stetig lineare Kennlinie

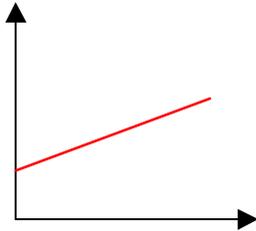


Abb.2: stetig lineare Kennlinie

Stetig lineare Kennlinien werden insbesondere für Steuerungsaufgaben über einen weiten Messbereich verwendet und haben den Vorteil, der leichten Prüf- und Abgleicharbeit.

2.1.2 Stetig nicht lineare Kennlinie

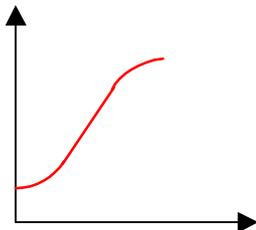


Abb.3: stetig nicht linear Kennlinie

Stetig nicht lineare Kennlinien dienen oft der Regelung einer Messgröße in sehr engem Bereich (z.B. Abgasregelung auf $\lambda = 1$, Regelung des Einfeder-niveaus).

2.1.3 Unstetig zweistufige Kennlinie

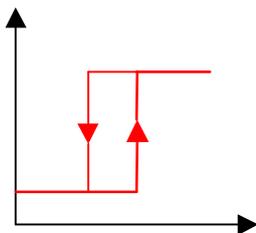


Abb.4: unstetig zweistufig Kennlinie

Unstetig zweistufige Kennlinien (evtl. mit Hysterese) dienen der Überwachung von Grenzwerten, bei deren Erreichen leichte Abhilfe möglich ist.

2.1.4 Unstetig mehrstufige Kennlinie

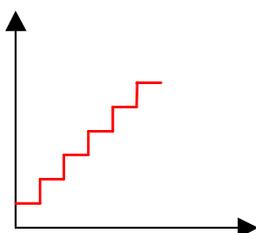


Abb.5: unstetig mehrstufige Kennlinie

Ist die Abhilfe schwieriger, kann auch durch mehrfache Stufung früher vorgewarnt werden.

2.2 Signalformen

Ausgangssignal analog zu:

- Strom/Spannung, Amplitude
- Frequenz, Periodendauer und
- Pulsdauer und Tastverhältnis.

Diskretes Ausgangssignal:

- zweistufig (binär codiert),
- mehrstufig ungleich gestuft (analog codiert) oder
- mehrstufig äquidistant (analog oder digital codiert).

a) Sinussignal

U = Spannung

t = Zeit

f = Frequenz

b) Rechtecksignal (PWM)

U = Spannung

t = Zeit

T_P = Pulsdauer

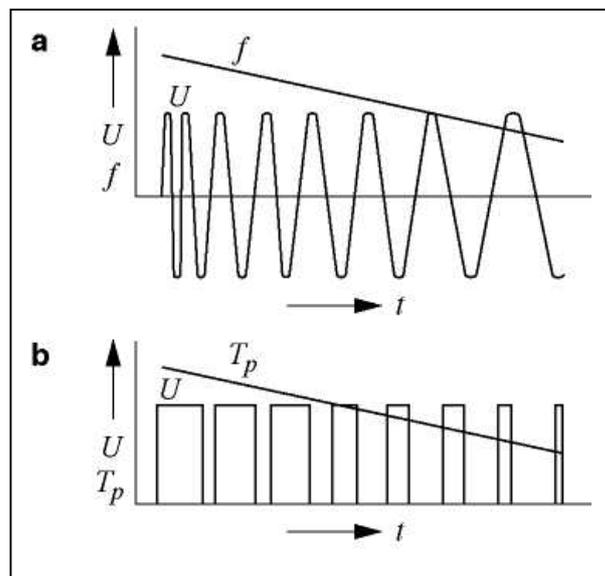


Abb. 6: Ausgangssignale

Ferner wird danach unterschieden, ob das Signal am Sensorausgang ständig zur Verfügung steht (kontinuierlich) oder nur zu diskreten Zeitpunkten (diskontinuierlich). Liegt das Signal z.B. digital vor und wird bitseriell ausgegeben, so ist es zwangsweise diskontinuierlich.

3 Sensorarten

3.1 Kapazitive Näherungssensoren

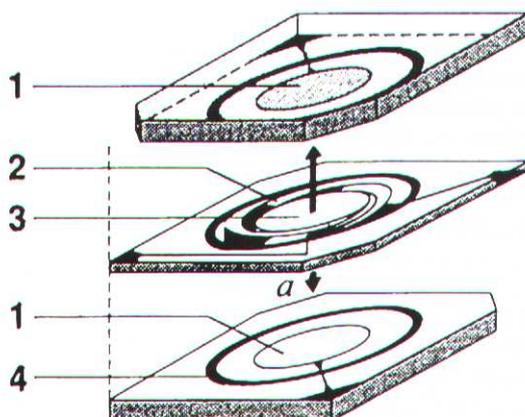
Kapazitive Näherungssensoren erkennen metallische und nichtmetallische Objekte. Der Schaltabstand ist umso größer, je höher die Dielektrizitätskonstante des zu erkennenden Objektes ist. Sie werden beispielsweise für folgende Anwendungen eingesetzt:

- Füllstandsüberwachung
- Anwesenheitskontrolle
- Niveauekontrolle



Abb. 7: kapazitiver Abstandsensor

3.2 Kapazitiver Keramik-Beschleunigungssensor



- 1 obere/untere Elektrode
- 2 Haltearme
- 3 Mittlere Elektrode (seismische Masse)
- 4 Abstandsring
- a Beschleunigung

Abb. 8: Kapazitiver Keramik-Beschleunigungssensor

3.3 Induktiver Motordrehzahlsensor

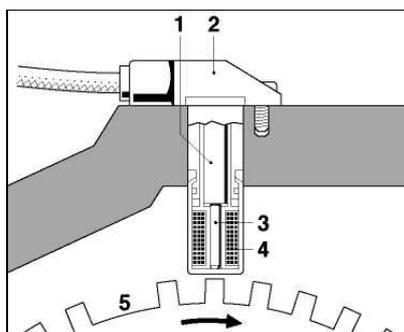
Motordrehzahlsensoren (Drehzahlgeber) werden eingesetzt zum

- Messen der Kurbelwellenstellung und
- Ermitteln der Kurbelwellenstellung (Stellung der Motorkolben).

Funktionsweise

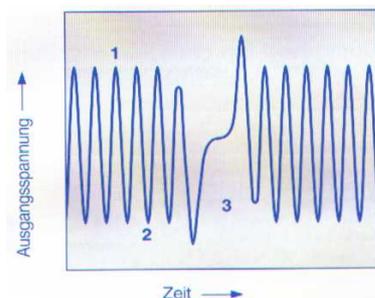
Der Sensor ist, durch einen Luftspalt getrennt, direkt gegenüber einem ferromagnetischen Impulsrad montiert (Abb. 9). Er enthält einen Weicheisenkern (Polstift) (3), der von einer Wicklung (4) umgeben ist. Der Polstift ist mit einem Dauermagneten (1) verbunden. Ein Magnetfeld erstreckt sich über den Polstift bis hinein in das Impulsrad. Der magnetische Fluss durch die Spule hängt davon ab, ob dem Sensor eine Lücke oder ein Zahn des Impulsrads gegenübersteht. Ein Zahn bündelt den Streufluss des Magneten. Es kommt zu einer Verstärkung des Nutzflusses durch die Spule. Eine Lücke dagegen schwächt den Magnetfluss. Diese Magnetflussänderungen induzieren in der Spule eine zur Änderungsgeschwindigkeit und damit Drehzahl proportionale sinusähnliche Ausgangsspannung (Abb. 10). Die Amplitude Drehzahl stark an (wenige mV bis > 100 V). Eine ausreichende Amplitude ist ab einer Mindestdrehzahl von 30 Umdrehungen pro Minute vorhanden.

Die besonders große Zahn­lücke stellt eine Bezugsmarke dar und ist einer definierten Kurbelwellenstellung zugeordnet (meist 1 OT von 1 Zyl.).



- 1 Dauermagnet
- 2 Gehäuse
- 3 Weicheisenkern
- 4 Wicklung
- 5 Zahnrad mit Bezugsmarke

Abb. 9: induktiver Motordrehzahlsensor



- 1 Zahn
- 2 Zahn­lücke
- 3 Bezugsmarke

Abb. 10: Signal eines induktiven Motordrehzahlsensors

3.4 Raddrehzahlsensoren

3.4.1 Passiver (induktiver) Drehzahlsensor

Die Wirkungsweise des Induktiven Radsensors ist gleich dem Motordrehzahlgeber (Kapitel 3.3), jedoch ohne Bezugsmarke.

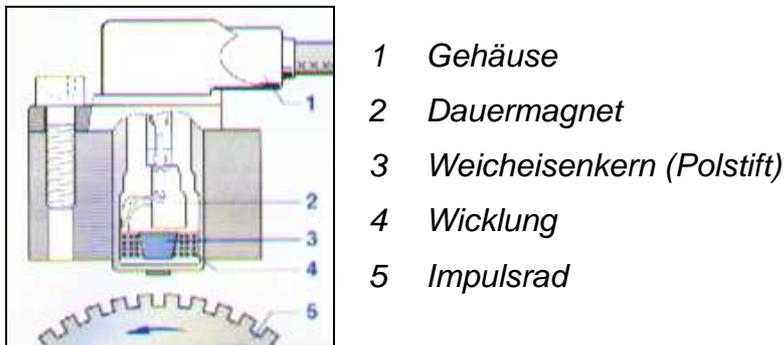


Abb. 11: Passiver (induktiver) Drehzahlsensor

3.4.2 Aktiver Drehzahlsensor

Bei einem aktiven Drehzahlsensor übernehmen Magnete die Funktion der Zähne des Impulsrades. Die Magnete sind z.B. in einem Multipolring integriert und in ihrer Polarität wechselweise auf dessen Umfang angeordnet (Abb. 12).

Das kleine Bauvolumen und das geringe Gewicht erlauben es, den aktiven Drehzahlsensor am oder im Radlager (Abb. 12) eines Fahrzeugs einzubauen. In diesem Fall ist der Dichtring mit abwechselnd ausgerichteten Magnetteilchen ausgestattet.

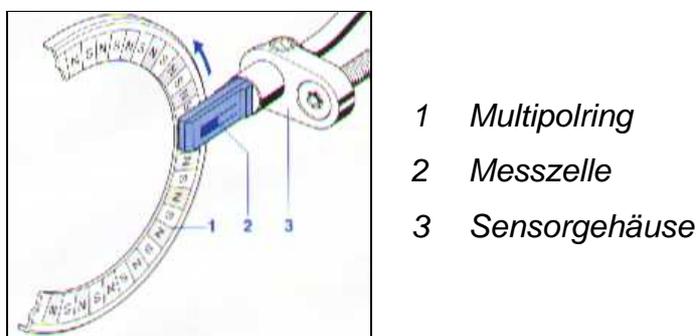
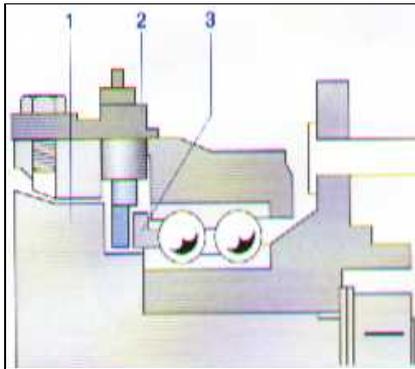


Abb. 12: Aktiver Drehzahlsensor

Wesentliche Sensorbestandteile sind entweder Hall-Elemente oder magnetoresistive Elemente. Mit beiden Elementen wird eine Spannung erzeugt, die vom magnetischen Fluss durch das Messelement abhängt. Die Spannung wird im aktiven Drehzahlsensor aufbereitet. Anders als beim induktiven Sensor ist die auszuwertende Spannung unabhängig von der Raddrehzahl. Die Messung der Raddrehzahl ist somit nahezu bis zum Radstillstand möglich.



- 1 *Radlager*
- 2 *Sensor*
- 3 *Dichtscheibe/Multipol*

Abb. 13: Einbau des aktiven Sensors im Radlager

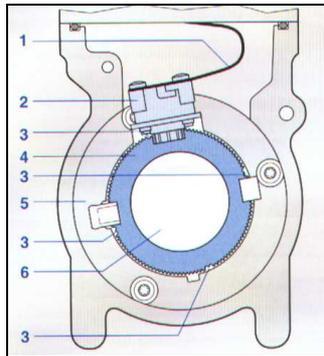
Typisch für den aktiven Drehzahlsensor ist der Verstärker vor Ort. Er ist zusammen mit der Messzelle im Sensorgehäuse integriert. Ein zweiadriges Kabel stellt die Verbindung zum Steuergerät her. Die Versorgungsspannung liegt zwischen 4,5 und 20 V. Die Drehzahlinformation wird als eingepprägter Strom übertragen. Die Frequenz des Stromes ist (ebenso wie beim induktiven Drehzahlsensor) proportional zur Raddrehzahl. Bei dieser Übertragungsform mit aufbereiteten digitalen Signalen sind induktive Störspannungen unwirksam im Vergleich zur Übertragungsform beim induktiven Drehzahlsensor.

Die digitalen Signale bieten außerdem einen weiteren Vorteil. Die Übertragung der Information zur Drehrichtung der Räder wird insbesondere für die Funktion „Hillholder“ benötigt, die ein Zurückrollen des Fahrzeugs beim Anfahren am Berg durch gezieltes Abbremsen verhindert, aber auch für die Fahrzeugnavigation.

3.5 Drehwinkelsensor (Differenzial-Feldplattensensor)

Drehwinkelsensoren DWS sind Radialkolben - VE (Abb. 14) eingebaut und dienen zur

- Messung der aktuellen Drehzahl der VE,
- Bestimmung der momentanen Winkelposition Pumpe/Motornockenwelle und
- Messung der momentanen Verstellposition des Spritzverstellers.



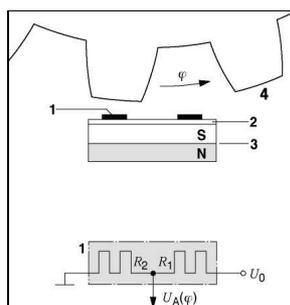
- 1 flexible Leiterfolie
- 2 Drehzahl/Drehwinkelsensor
- 3 Zahnücke
- 4 Zahnrad-Impulsscheibe (Geberrad)
- 5 verdrehbarer Lagerring
- 6 Antriebswelle

Abb. 14: Drehwinkelsensor - VE

Funktionsweise:

Der DWS (als Differenzial-Feldplattensensor Abb. 15) tastet eine Zahnrad-Impulsscheibe mit 120 Zähnen und gleichmäßig verteilten Zahnücken (Anzahl der Zahnücken = Anzahl der Zylinder) ab, die auf der Antriebswelle der VE montiert ist.

Der DWS hat einen Dauermagneten, dessen dem Zahnrad zugewandte Polfläche durch ein dünnes ferromagnetisches Plättchen homogenisiert wird. Darauf sitzen jeweils zwei (vier) galvanomagnetische Elemente (Sammelbezeichnung für Hallsensoren und Feldplatten) etwa im halben Zahnabstand der Sensorspitze. Damit befindet sich das eine Element genau gegenüber einer Zahnücke, wenn das andere gegenüber einem Zahn steht. Der Sensor misst den Feldstärkenunterschied an zwei in Umfangrichtung eng benachbarten Punkten. Die beiden Widerstände eines Differenzialsensors sind elektrisch als Spannungsteiler geschaltet. Durch das hohe Ausgangssignal ($U_A = 0,1 - 1 \text{ V}$) ist keine Verstärkerelektronik notwendig. Feldplatten für Kfz-Anwendungen halten Temperaturen $\leq 170 \text{ }^\circ\text{C}$ stand (kurzzeitig $\leq 220 \text{ }^\circ\text{C}$).



- 1 Feldplattenwiderstand R_1, R_2
 - 2 weichmagnetisches Substrat
 - 3 Dauermagnet
 - 4 Zahnrad
- U_0 Versorgungsspannung
 U_A Messspannung bei Drehwinkel φ

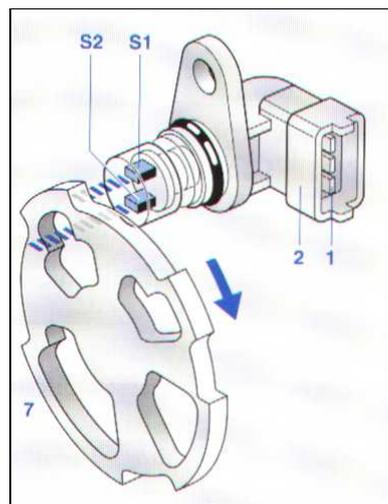
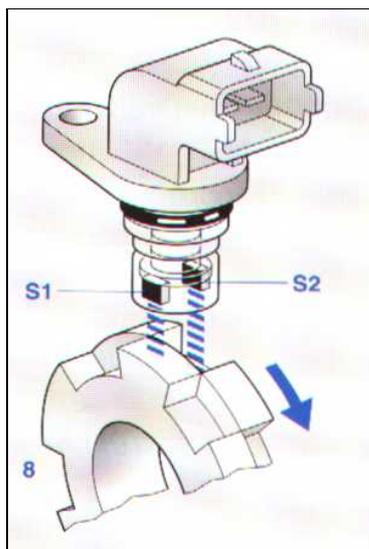
Abb. 15: Differenzial-Feldplattensensor

3.6 Hall-Phasensensor

Der Hall-Phasensensor (auch Phasengeber genannt) gibt die Position der Nockenwelle an das Steuergerät weiter.

Nach dem Differenzialprinzip (Kapitel 3.5) arbeitende Stabsensoren verfügen über zwei räumlich radial bzw. axial versetzt angeordnete Hall-Elemente (Abb. 16 und Abb. 17) Diese liefern ein Ausgangssignal, das dem Flussdichteunterschied zwischen den zwei Messorten proportional ist. Notwendig dafür ist jedoch eine zweispurig Lochblende (Abb. 16) oder ein Zweispurimpulsrad (Abb. 17), um in beiden Hall-Elementen ein gegensinniges Signal erzeugen zu können (Abb. 18).

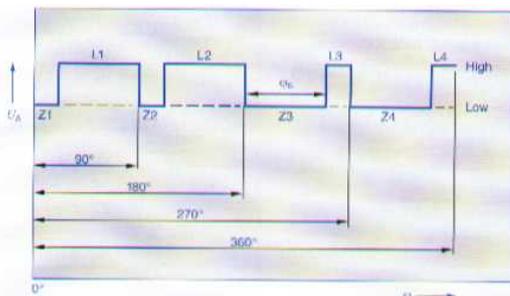
Diese Sensoren werden bei hohen Anforderungen an die Genauigkeit eingesetzt. Weitere Vorteile sind ein vergleichsweise großer Luftspaltbereich und eine gute Temperaturkompensation.



- S1 Hall-Element
- S2 Hall-Element
- 7 Lochblende
- 8 Zweispurimpulsrad

Abb. 16: Differenzial-Hall-Stabsensor (radialer Abgriff)

Abb. 17: Differenzial-Hall-Stabsensor (axialer Abgriff)



Ausgangssignal **LOW**

Material (Zahnrad) unter S1

Lücke unter S2

Ausgangssignal **HIGH**

Lücke unter S1

Material unter S2

Abb. 18: Signal eines Differenzial-Hall-Stabsensors

3.7 Ölsensor

Dieser Ölsensor (von Temic, Abb. 19) misst:

- die **Öltemperatur**
- den **Ölpegel**
- die **Ölqualität**

Während die Öltemperatur mit einem Temperatursensor (NTC) gemessen wird, nutzt man für die Erfassung des Ölstands und der Ölqualität Kondensatoren.

Mit sinkendem Ölstand in dem Kondensator ändert sich auch dessen Kapazität, da sich dann Luft statt Öl als Dielektrikum zwischen den Kondensatorplatte befindet.



Abb. 19: Ölsensor

Bei alterndem Öl steigt der Wassergehalt im Öl, langkettige Moleküle zerbrechen in kürzere und Abrieb des Motors wird im Öl gebunden. Daher ändert sich mit der Alterung des Öls auch dessen relative Dielektrizität. Diese Änderung bewirkt aber eine Variation der Kapazität, die vom zugehörigen Steuergerät erkannt und ausgewertet wird.

Abhängig von der so gemessenen tatsächlichen Ölqualität wird dem Fahrer bei Bedarf ein fälliger Ölwechsel signalisiert. Da das Öl mit Hilfe des Sensors nicht mehr nach festem Zeit- oder Wegstreckenplan gewechselt wird, wird in den meisten Fällen Öl gespart, was der Umwelt und dem Portmonee zugute kommt. In den anderen Fällen wird das Öl bereits vor den sonst üblichen Intervallen getauscht, weil es offenbar nötig war. Dann kommt es der Lebensdauer des Motors zugute.

3.8 Regensensor

Der Regensensor "Raintronic" von Hella wird am besten hinter dem Innenspiegel montiert. Er verfügt über einen lernfähigen Mikroprozessor und passt sich unterschiedlichen Windschutzscheiben an.



Abb. 21: Regensensor

- 1 Regentropfen
- 2 Windschutzscheibe
- 3 Leuchtdiode (LED)
- 4 Lichtsensor (in die Ferne gerichtet)
- 5 Fotodiode
- 6 Umgebungslichtsensor

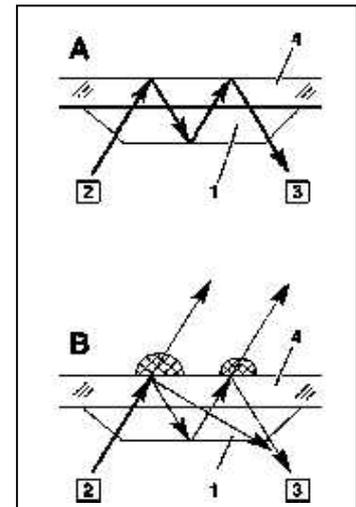


Abb. 20: Regensensor - Wirkungsweise

Im Bild A (Abb. 20) wird dargestellt, wie der einfallende Lichtstrahl durch mehrfache Reflektion an der trockenen Windschutzscheibe und einem Reflektor fast ungeschwächt zum austretenden Lichtstrahl wird.

Im Bild B (Abb. 20) wird dargestellt, wie der einfallende Lichtstrahl durch mehrfache Reflektionen und Streuung an den Wassertropfen der nassen Windschutzscheibe geschwächt zum austretenden Lichtstrahl wird. Je weniger Licht am Empfänger ankommt, desto nasser die Scheibe.

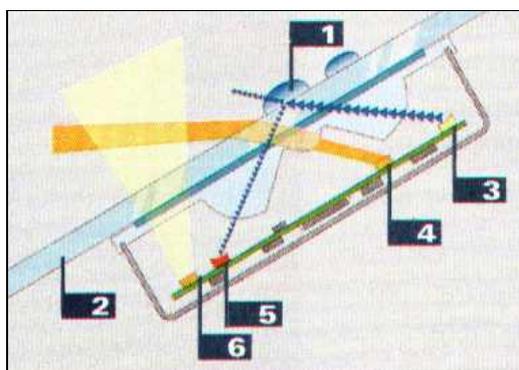


Abb. 22: Regensensor - Wirkungsweise

Im Regensensor (Abb. 22) sind zusätzlich zwei Lichtsensoren (4 und 6) eingebaut, die z.B. den Ablendscheinwerfer bei einsetzender Dunkelheit oder Tunneldurchfahrt automatisch aktivieren.

3.9 Schmutzsensoren

Der Schmutzsensoren (*Abb. 23*) arbeitet ähnlich wie der Regensensoren. Jedoch bewirken hier die außen auf der Scheinwerferscheibe liegenden Schmutzpartikel, dass das ausgesendete Licht zum Empfänger zurückgestreut wird. Je mehr Schmutz vorhanden ist, umso mehr wird reflektiert.

Ab einer bestimmten Schwelle wird die Scheinwerferreinigungsanlage automatisch eingeschaltet.

Eine Scheinwerferreinigungsanlage ist Vorschrift für alle Kfz mit Gasentladungslampen in den Scheinwerfern (Xenon).

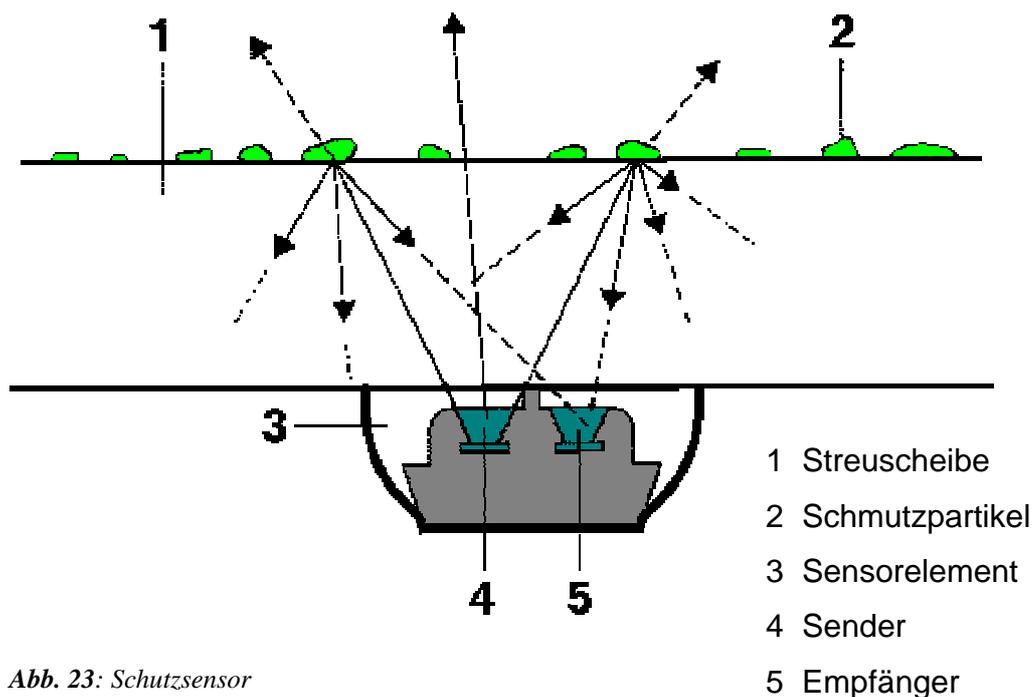


Abb. 23: Schmutzsensoren

3.10 Radar-Abstandsensoren



Abstandsensoren mit Radartechnik (Abb. 24) finden bei Fahrerassistenzsystemen ihren Einsatz. Solch ein System ist das von Bosch entwickelte „Adaptive Cruise Control“ (ACC). Für dieses System finden wir z.B. bei VW und Audi die Bezeichnung „Automatische Distanzregelung“ (ADR) und bei Chrysler „Distronic“.

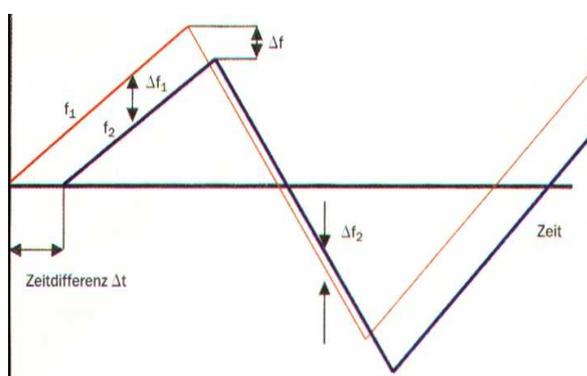
Abb. 24: ACC - Sensor

Das System hat die Fähigkeit, beim Annähern auf ein vorausfahrendes Fahrzeug die eigene Geschwindigkeit zu reduzieren, um einen sicheren Abstand zu gewährleisten. Dazu muss das System:

- die Hindernisse auf dem Fahrstreifen,
- das Gefahrenniveau bestimmen und
- den Fahrer darüber informieren.

Radar-Abstandsensoren senden elektromagnetische Strahlen aus, die anschließend an den Oberflächen von Gegenständen reflektiert und die zurückgeworfenen Strahlenanteile als „Echo“ empfangen werden. Die Sendefrequenz beträgt zwischen 76,5 und 76,7 Gigahertz (GHz). Die Frequenz wird mit 200 Megahertz moduliert. Modulation bedeutet, dass dem Trägersignal zusätzliche Informationen z.B. in Form einer Frequenzänderung aufzuprägen.

Zur Bestimmung des Abstands eines vorausfahrenden Fahrzeugs wird die Differenz der Frequenzen zwischen gesendetem und empfangenem Signal ausgewertet. Die Differenz steht im festen Verhältnis zur Laufzeit des reflektierten Signals (Abb. 25).



f_1 gesendetes Signal (rot)

f_2 empfangenes Signal (blau)

Abstandsermittlung aus der Differenzfrequenz Δf_1 und der Zeitdifferenz Δt .

Geschwindigkeitsermittlung des vorausfahrenden Fahrzeugs aus dem Unterschied beider Differenzfrequenzen Δf ($= \Delta f_2 - \Delta f_1$).

Abb. 25: Abstands- u. Geschwindigkeitsmessung beim FMCW - Verfahren

3.11 Ultraschall-Innenraumüberwachung

Ultraschall (US) ist ein akustisches Signal mit einer Frequenz von mehr als 20000Hz, das für Menschen nicht hörbar ist.

Die Überwachungsanlage besteht aus einem Ultraschallsender (Piezo-Lautsprecher) und einem -empfänger (Piezo-Mikrofon), die in einem gemeinsamen Gehäuse im Fahrzeuginnenraum montiert sind.

Wenn die Diebstahlwarnanlage scharf geschaltet wird, sendet der US-Sender ein Signal aus, der Empfänger registriert die von den Fahrzeuginnenraumbegrenzungen reflektierten Wellen und speichert dieses Geräuschemuster als Sollwert ab.

Während der Überwachung sendet der US-Sender in kurzen Zeitabständen regelmäßig sein Signal. Solange sich im Fahrzeuginnenen nichts verändert (Türen oder Fenster geöffnet werden, Gegenstände bewegt werden usw.), entspricht des Empfängersignal dem Sollwert, so dass das Steuergerät keinen Alarm auslöst.

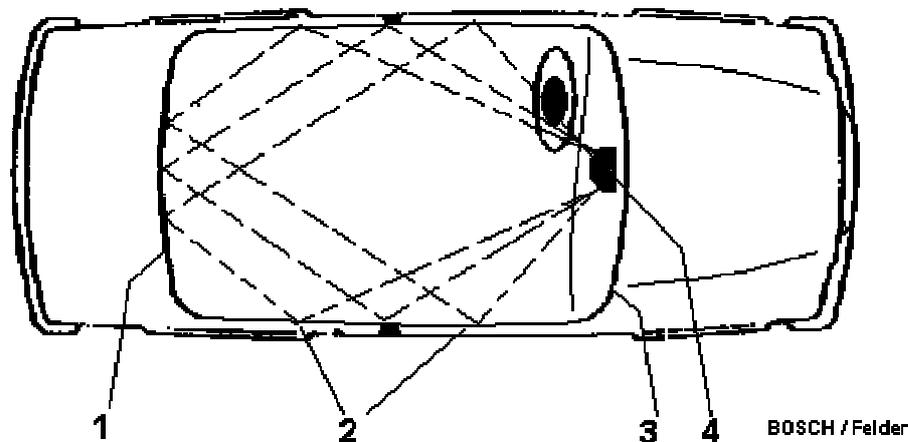


Abb. 26: Ultraschall-Innenraumüberwachung

3.12 Ultraschallsensor-Einparkhilfe

Ultraschall wird z.B. auch bei der Einparkhilfe eingesetzt. Oft werden zur exakteren Wahrnehmung mehrere Ultraschall-Sensoren in den Stoßfängern (Abb. 28) eingebaut, von denen jeder Sende- und Empfangsfunktionen übernimmt.

Der Ultraschall-Sensor strahlt zyklisch einen kurzen, hochfrequenten Schallimpuls aus. Dieser pflanzt sich mit Schallgeschwindigkeit in der Luft fort. Trifft er auf ein Objekt, wird er dort reflektiert und gelangt als Echo zurück zum Ultraschall-Sensor. Aus der Zeitspanne zwischen dem Aussenden des Schallimpulses und dem Empfang des Echosignals berechnet der Ultraschall-Sensor intern die Entfernung zum Objekt

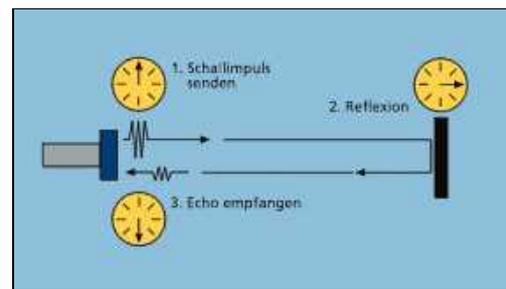


Abb. 27: Messprinzip - Ultraschall

Da die Entfernung zum Objekt über eine Schall-Laufzeitmessung und nicht über eine Intensitätsmessung bestimmt wird, haben Ultraschall-Sensoren eine ausgezeichnete Hintergrundausblendung. Nahezu alle Materialien, die den Schall reflektieren, werden detektiert - unabhängig von ihrer Farbe. Selbst glasklare Materialien oder dünne Folien stellen für Ultraschall-Sensoren kein Problem dar.

Microsonic-Ultraschall-Sensoren erlauben Entfernungsmessungen von 30 mm bis 10 m und können dank der Laufzeitmessung den Messwert mit millimetergenauer Auflösung erfassen. Einige Sensoren lösen das Abstandssignal sogar mit weniger als 0,18 mm auf.

Die Sensoren messen in staubiger Luft genauso wie durch Farbnebel hindurch. Auch dünne Ablagerungen auf der Sensormembran beeinträchtigen die Sensorfunktion nicht.



Abb. 28: Ultraschallsensor - Einparkhilfe

3.13 Klopfsensor

Klopfensoren werden von außen am **Motorblock** von Ottomotoren montiert. Klopfensoren bestehen aus dem Gehäuse, der **Piezokeramik** und der **seismischen Masse** und dem elektrischen Steckkontakt (2-polig).

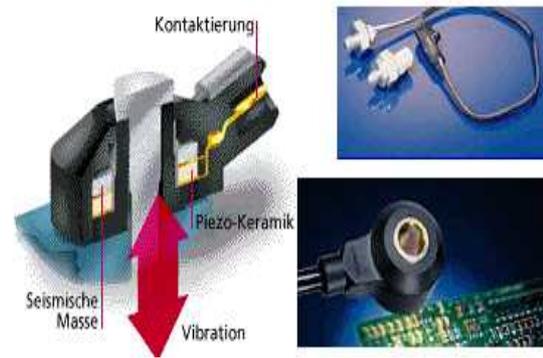


Abb. 29: Klopfsensor

Durch die **Motorvibrationen** schlägt die im Klopfsensor bewegliche seismische Masse ständig gegen den fest montierten Piezokeramik, der die Schläge in **Spannungsimpulse** umwandelt.

Auf diese Weise nehmen die Klopfensoren die Motorvibrationen auf, wandeln sie in elektrische Schwingungen und melden diese dem Steuergerät.

Das Signal des Klopfensors unterscheidet sich bei **klopfender Verbrennung** typisch von dem Signal bei ruhiger Verbrennung.

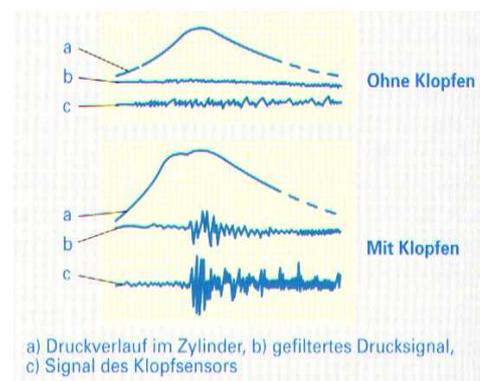


Abb. 30: Klopfensorsignal

Bei Reihenmotoren bis zu 4 Zylindern reicht ein Klopfsensor bei V-Motoren oder Motoren mit 6 und mehr Zylindern verwendet man zwei oder mehr Klopfensoren.

Durch die gleichzeitige Auswertung des Signals von **OT-Geber** oder **Phasengeber** erkennt das Steuergerät auch in welchem Zylinder **Klopfen** auftritt.

Stellt das Steuergerät anhand des **Klopfsignals** klopfende Verbrennung fest, so verstellt es den **Zündzeitpunkt selektiv** (nur für den betreffenden Zylinder) um z.B. 3 Grad in Richtung spät.

Nach einigen Verbrennungen ohne Klopfen nähert das Steuergerät den Zündzeitpunkt in vielen kleinen Schritten dem im **Kennfeld** gespeicherten optimalen Zündzeitpunkt wieder an.

Auf diese Weise verläuft die Verbrennung stets so dicht wie möglich an der **Klopfgrenze** und damit optimal in Bezug auf Verbrauch, Leistung und Abgas

Vereinzelt findet man auch in Dieselmotoren Klopfensoren, die den Einspritzbeginn melden (früher: Nadelbewegungsfühler) und die Funktion der Einspritzdüsen kontrollieren (EOBD).

3.14 Neigungssensor

Dieser Neigungssensor ist ein Teil der Diebstahlwarnanlage und erfasst:

- die Längsneigung des Fahrzeugs
- die Querneigung des Fahrzeugs

Das Bild zeigt das aufgeschnittene Sensorgehäuse von unten. Als eigentliche Fühler dienen die beiden Kondensatoren (doppelte dreieckige Metallplatten). Diese sind in einem Schlingerkasten angeordnet und tauchen in eine elektrisch nicht leitende Flüssigkeit (Dielektrikum).

Die Eintauchtiefe hängt von den beiden Neigungswinkeln des Fahrzeugs um seine Querachse und um seine Längsachse ab. Damit der Neigungssensor empfindlich reagieren kann, sind der Einbauort und die Einbauart des Sensors im Kfz wesentlich.

Die Kapazität der Kondensatoren ändert sich mit der Eintauchtiefe der Metallplatten in die Flüssigkeit. Die Wirkung des Schlingerkastens ist, dass kurzzeitige Neigungsänderungen ignoriert werden, da die Flüssigkeit nicht so schnell einer kurzzeitig andauernden Lageänderung folgen kann.



Abb. 31: Neigungssensor

Die Kondensatorkapazitäten werden von der im selben Gehäuse befindlichen Auswerteelektronik erfasst.

Wird das Fahrzeug geparkt und die Alarmanlage scharf geschaltet, so speichert das Steuergerät den augenblicklichen Zustand der beiden Kondensatoren als Sollwerte.

Während die Diebstahlwarnanlage scharf geschaltet ist, vergleicht das Steuergerät ständig die gespeicherten Sollwerte mit den gerade vorliegenden Istwerten der beiden Kondensatoren. Diese beiden Wertepaare sind natürlich gleich, solange das Fahrzeug ruhig parkt. Schüttelbewegungen durch Windböen oder dicht vorbei fahrende Lkws werden wegen der Schlingerkästen ignoriert.

Sollte allerdings jemand versuchen, das Fahrzeug hochzubooken, um die Räder zu demontieren, so führt diese relativ lang dauernde Neigungsveränderung des Fahrzeugs zu einer Abweichung zwischen Soll- und Istwert und schließlich zur Auslösung des Alarms.

3.15 Batteriesensor

Basis des Energiemanagements in heutigen Kfz-Bordnetzen ist eine exakte Kenntnis des Batteriezustands, der aus Größen wie Batteriestrom, -spannung und -temperatur gewonnen wird. Eigens dafür wurde der innovative intelligente Batteriesensor (IBS) entwickelt. Er ist ein mechatronischer Sensor mit einem eigenen Mikro-Controller (μC) und befindet sich direkt am Minuspol der Fahrzeugbatterie. Er misst fortlaufend

- die Klemmspannung
- den Lade- und Entladestrom der Batterie,
- die Säuretemperatur der Batterie.

Aufbau des IBS

- 1 Batterieklemme
- 2 Messwiderstand (Shunt)
- 3 Distanzscheibe
- 4 Schraube
- 5 Masseleitung

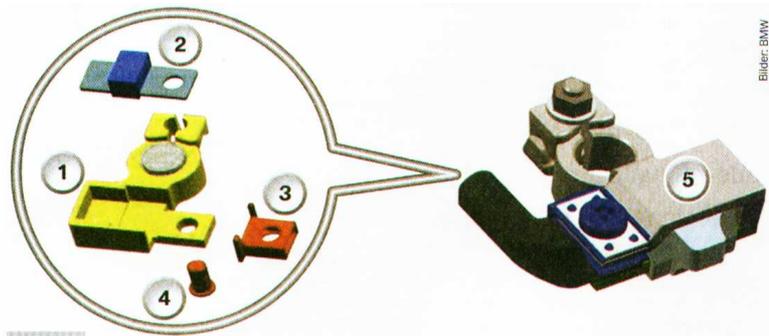


Abb. 32: Intelligenter Batteriesensor

Funktion des IBS

Um die entsprechenden Messdaten direkt vor Ort in der Batterieklemme weiterverarbeiten zu können, wurde ein vollwertiges Steuergerät auf einer fingernagelgroßen Platine integriert (Abb. 32 Nr. 2).

Die Software im Mikro-Controller des IBS steuert den funktionalen Ablauf und die Kommunikation mit dem übergeordneten Steuergerät. Die Kommunikation mit der Motorsterelektronik erfolgt über die Bustreiber mit der Wake-Up-Funktion. Im Fahrbetrieb holt sich das Motormanagement-Steuergerät die Daten vom IBS.

Im IBS sind unter anderem folgende Funktionen integriert:

- fortlaufendes Messen von Strom, Spannung und Temperatur der Batterie in jedem Betriebszustand,
- Berechnung der Batterieindikatoren als Grundlage für Ladezustand und des allgemeinen Zustands,
- Bilanzierung des Lade- und Entladestroms der Batterie,
- Überwachung des Ladezustands SoC (State of Charge) und Aktivieren der Gegenmaßnahmen bei kritischem Ladezustand,

- Berechnung des Starterstromverlaufs zur Bestimmung des Verschleißzustands SoH (State of Health) der Batterie,
- Ruhestromüberwachung des Fahrzeugs,
- Datentransfer an das übergeordnete Steuergerät,
- Eigendiagnose,
- Vollautomatisches Update der Algorithmen und Eigendiagnose-Parameter,
- Eigenweckfähigkeit während des Sleep-Modus.

Der IBS hat folgenden Messbereich:

- Spannung 6 V bis 16,5 V
- Strom - 200 A bis + 200 A
- Ruhestrom 0 A bis 10 A
- Startstrom 0 A bis 1000 A
- Temperatur - 40 °C bis + 105 °C

Auswertelektronik

Die Auswertelektronik (Abb. 33) des Batteriesensors erfasst fortlaufend die Messdaten. Der Sensor nutzt diese Daten zur Berechnung der Batterieindikatoren Spannung, Strom und Temperatur.

Der Batteriesensor sendet die Daten der Batterieindikatoren über die Bustreiber an die digitale Motorelektronik. Parallel zur Berechnung der Batterieindikatoren findet eine Teilberechnung des Ladezustandes der Batterie statt. In der Zeit zwischen Motor „AUS“ und dem Abschalten des Motorelektronik-Relais erhält der IBS von der Motorelektronik die Information über den Ladezustand der Batterie. Nach dem Abschalten des Motorelektronik-Relais beobachtet der Batteriesensor fortlaufend den Ladezustand der Batterie.

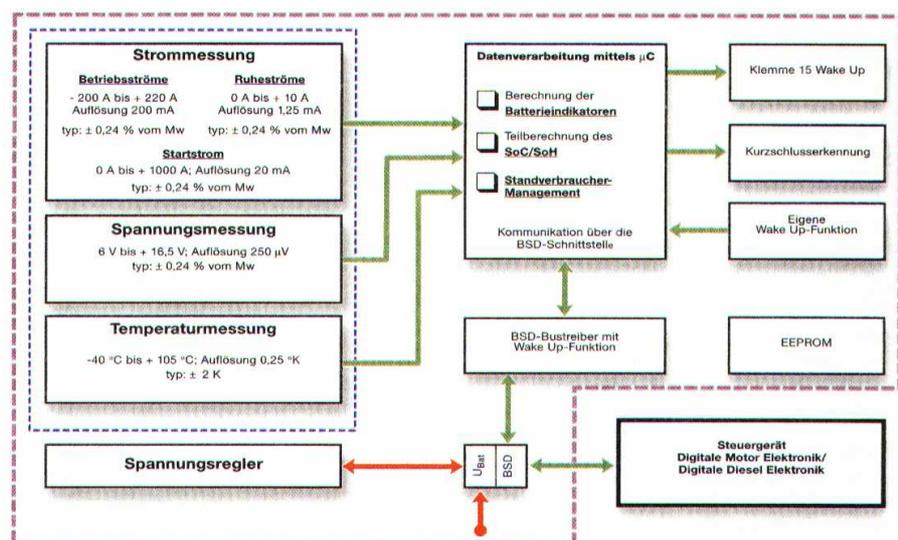


Abb. 33: Blockdarstellung des IBS

3.16 Lambdasonde-Begriffe

Adaptive Lambdaregelung

Ist der Restsauerstoffgehalt in einem bestimmten Lastbereich ständig zu hoch od. zu niedrig (Gemisch zu fett od. zu mager), wird für diesen Lastbereich die Grundeinspritzmenge korrigiert.

Stereo-Lambdaregelung

Es sind zwei getrennt Lambda-Regelkreise (z.B. bei V-Motoren) vorhanden. Ist z.B. das Gemisch der linken Zylinderbank zu fett (wenig Sauerstoff), so wird das Gemisch in dieser Zylinderbank abgemagert, unabhängig von der rechten.

Quattro-Lambdaregelung

Es befindet sich vor und hinter dem Katalysator eine Lambda-Sonde. Bei EOBD muss auch der Katalysator-Wirkungsgrad überwacht werden.

Planare Lambda-Sonde

- 1 Schutzrohr
- 2 planare Messzelle
- 3 Isolierbuchse
- 4 Keramisches Dichtpaket
- 5 Überwurfmutter
- 6 Dichtflansch
- 7 Sondengehäuse
- 8 Metallmantelleitung

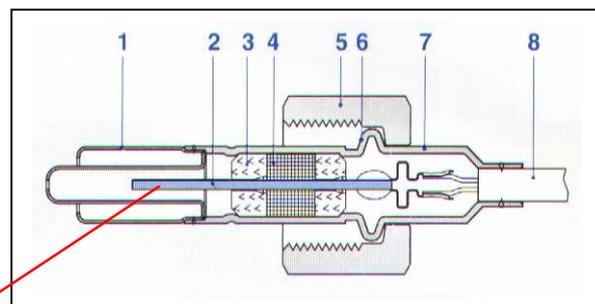
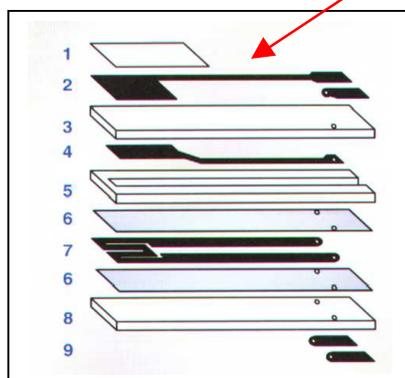


Abb. 34: Planare Lambdasonde



- 1 Poröse Schutzschicht
- 2 Außenelektrode
- 3 Sensorfolie
- 4 Innenelektrode
- 5 Referenzluftkanal
- 6 Isolationsschicht
- 7 Heizer
- 8 Heizerfolie
- 9 Anschlusskontakt

Abb. 35: Planare Lambdasonde - Funktionsschichten

3.16.1 Spannungssprungssonde

Die Lambdasonde (Abb. 36) besteht aus

- elektrischen Anschlüssen (bei 3 Leitungen, 2 für die Heizung und 1 **Sensorleitung**),
- der **Lambdasondenheizung** (nicht alle sind elektrisch beheizt) zur raschen Erreichung der **Arbeitstemperatur** von über 300°C,
- dem gelochten Schutzblech, durch dessen Löcher das Abgas Zutritt zur Sonde hat,
- der **Sondenkeramik** (ZrO₂) als **galvanischem Element**, also die eigentlichen Sonde, die außen Kontakt zum **Abgas**, innen Kontakt mit **Frischluff** hat,
- dem Gehäuse mit Stützkörper, Einschraubgewinde und
- Isolierungen

Die Wirkung der bisher hauptsächlich verwendeten Lambdasonde ist die eines Galvanischen Elements. Der Elektrolyt besteht hier jedoch nicht aus einer Flüssigkeit wie bei der Starterbatterie sondern aus einer festen Keramik aus **Zirkondioxid** (ZrO₂). Dieser **Keramikelektrolyt** (Abb. 38) lässt bei Temperaturen über 300°C Sauerstoffionen durch, sperrt sich jedoch gegen den Durchlass von Elektronen. Die Sonde wird vor dem **Katalysator** ins **Abgasrohr** eingeschraubt.

Durch Lufteinlässe in der Gehäusewand gelangt Frischluft auf die Innenseite des Elektrolytelements und durch Schlitze im Schutzrohr kann Abgas die Außenseite des Elements erreichen.

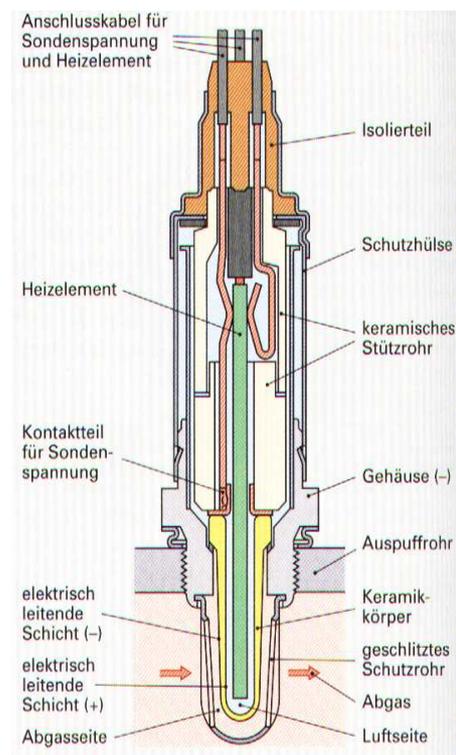


Abb. 36: Spannungssprungssonde

Das Abgas hat eine geringere Sauerstoffkonzentration (etwa 3 %) als die Frischluft (etwa 20 %), so dass durch den Keramik Sauerstoffionen von innen nach außen wandern. Die vorher abgestreiften Elektronen (die ja nicht durch den Elektrolyten hindurch können), werden von einer elektrisch leitenden Schicht (Abb. 37) aufgefangen. So bildet sich auf der Innenseite der Sonde ein Elektronenüberschuss und auf der Außenseite, wo die Sauerstoffionen ankommen, ein Elektronenmangel, also

insgesamt eine elektrische Spannung. Diese wird über Leitungen (Abb. 38) zur Auswertung zum Steuergerät geleitet.

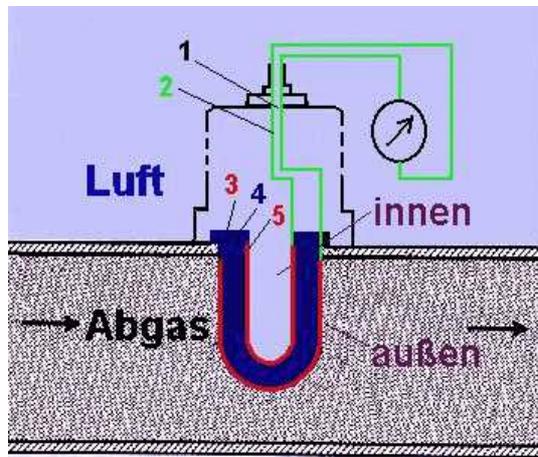


Abb. 38: Spannungssprungs-sonde - Keramikelektrolyt

Wenn man die Gemischzusammensetzung im Ottomotor von fett nach mager ändert und dabei die Lambdaspaltung misst, stellt man fest, dass es genau an der Stelle $\lambda = 1$ einen Spannungssprung von etwa 0,8V auf ungefähr 0,2V gibt. Diese Eigenschaft ermöglicht eine sehr genaue Erfassung der Gemischzusammensetzung gerade in dem wichtigen Bereich um $\lambda = 1$. So kann das Steuergerät die Einspritzmenge so genau dosieren, dass λ zwischen 0,98 und 1,02 liegt. Diese Toleranz nennt man das Lambdafenster.

Diese genaue Regelung der Gemischzusammensetzung ist deswegen erforderlich, weil nur in diesem engen Bereich der Katalysator seine optimale Wirkung erzielt. Der Sprachgebrauch geregelter Katalysator ist irreführend, da am Katalysator nichts geregelt wird. Gemeint ist die Regelung der Gemischzusammensetzung auf $\lambda = 1$.

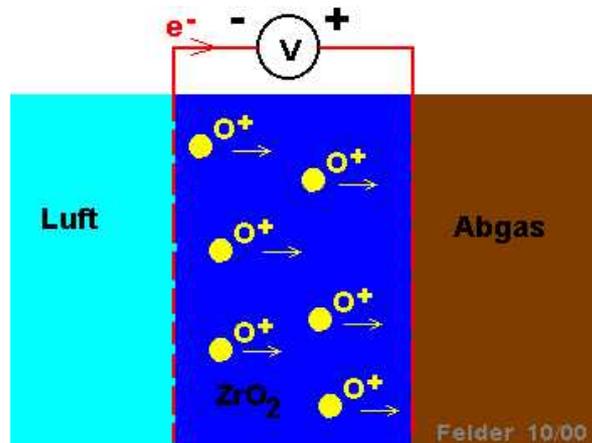


Abb. 37: Spannungssprungs-sonde - Ionenwanderung

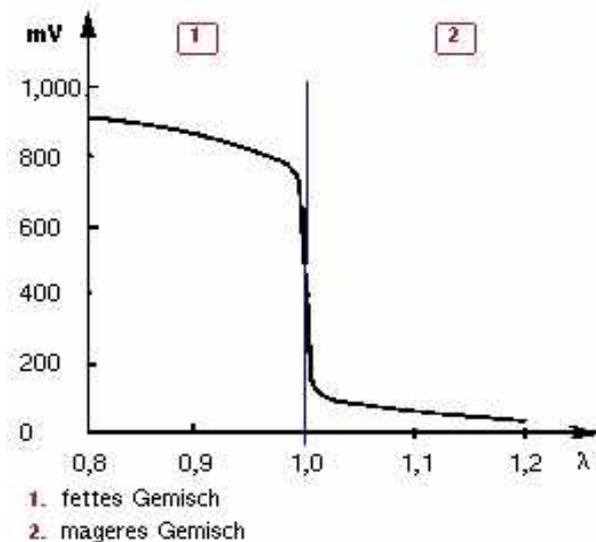
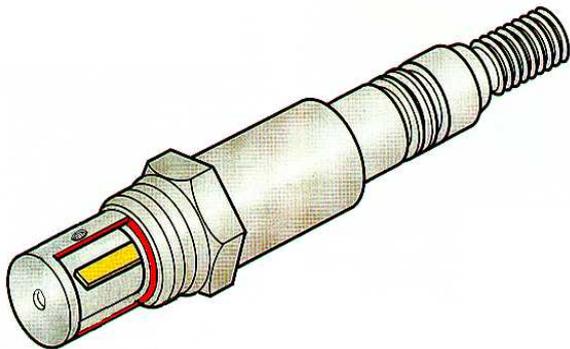


Abb. 39: Lambdasonden-Spannung

3.16.2 Widerstandssprungsonde



Ein anderer gebräuchlicher Lambdasondentyp ist die Widerstandssprungsprobe, deren Sondenmaterial aus Titandioxid (TiO_2) besteht. Auch diese Sonde wird vor dem Kat so in den Auspuff geschraubt, dass das Sondenmaterial Kontakt zum Abgas hat.

Abb. 40: Widerstandssprungsprobe

Die Widerstandssprungsprobe funktioniert nicht mit einem galvanischen Element. Bei dieser Sondenart findet am Arbeitspunkt ($\lambda = 1$) ein Widerstandssprung statt, der von der Auswertelektronik im Steuergerät erkannt wird.

Im rechten Diagramm (Abb. 41) ist auch bei diesem Sondentyp ein deutlicher Signalsprung an der Stelle $\lambda = 1$ zu erkennen, was ja zur exakten Lambdaregelung erforderlich ist. Das Signal des rechten Diagramms (Abb. 41) ist das Spannungssignal am konstanten Messwiderstand im Steuergerät, wobei der Sondenwiderstand und der Messwiderstand in Reihe an einer Versorgungsspannung von 5V liegen.

Spannungsabfall bei Lambda $0,9 > 3,9\text{V}$

Spannungsabfall bei Lambda $1,1 < 0,4\text{V}$

Das linke Diagramm (Abb. 41) zeigt die Temperaturabhängigkeit des Sondenwiderstands und insbesondere, dass offenbar die TiO_2 - Sonde im Betriebs-temperaturbereich zwischen $500\text{ }^\circ\text{C}$ und $900\text{ }^\circ\text{C}$ arbeitet.

Gleichzeitig übernimmt das Steuergerät über das Sonden-signal eine indirekte Temperaturmessung vor. Ab ca. $700\text{ }^\circ\text{C}$ wird das Signal zum Bestimmen der Abgastemperatur herangezogen und damit gegebenenfalls eine Katalysator-Schutzfunktion aktiviert.

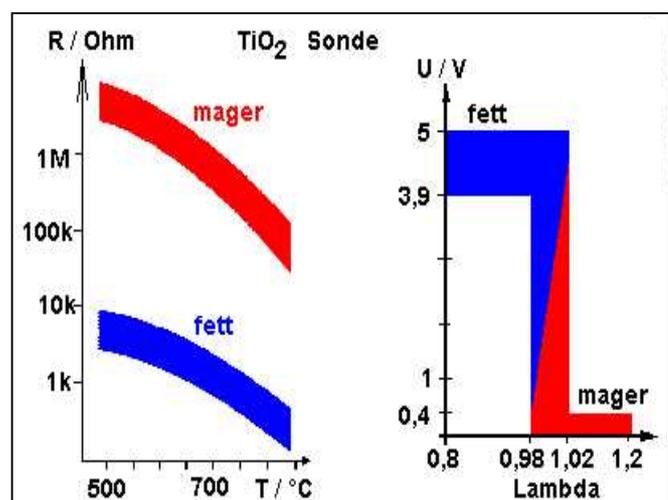


Abb. 41: Widerstandssprungsprobe - Signal

3.16.3 Breitbandsonde

Die Breitbandsonde besitzt zwei Zellen, nämlich eine Pumpzelle und eine Konzentrationszelle (Sensorzelle oder Nernst-Zelle). Diese Sonde misst im Gegensatz



zu den Sprungsonden kontinuierlich über einen weiten Lambda-Bereich von fett bis mager. Daher ist eine entsprechende Regelung in der Lage, stetig jedes gewünschte Luftverhältnis im Brennraum herzustellen.

Dies ist besonders interessant bei Benzin-Direkteinspritzern, die in allen drei Betriebszuständen gefahren werden:

- mager ($\lambda > 1$), im Teillastbereich zur Kraftstoffverbrauchssenkung,
- stöchiometrisch ($\lambda = 1$), im Vollastbereich zur Leistungsmaximierung und
- fett ($\lambda < 1$) während der Regenerationsphasen des NO_x Speicherkats.

An der Kennlinie dieser Lambdasonde ist ersichtlich, dass das Signal den Lambdabereich von 0,8 bis unendlich kontinuierlich abdeckt. Die Empfindlichkeit ist um $\lambda = 1$ am größten und wird mit zunehmend magerem Gemisch immer schlechter.

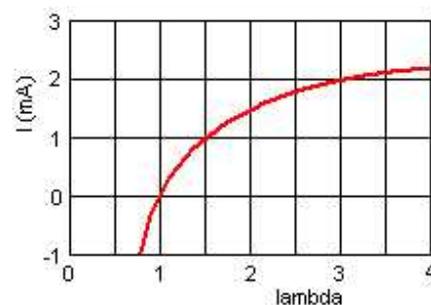


Abb. 42: Breitbandsonde - Signal

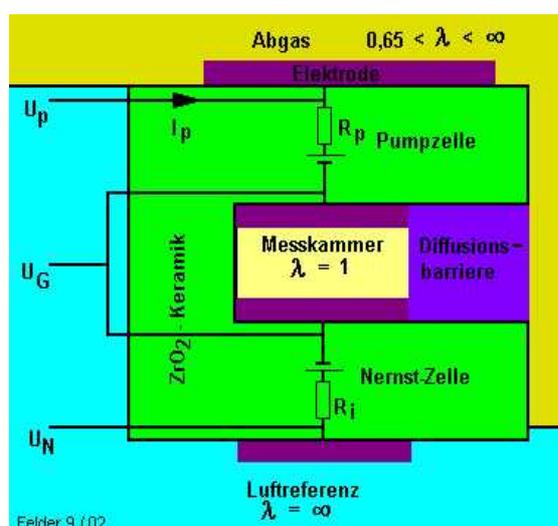
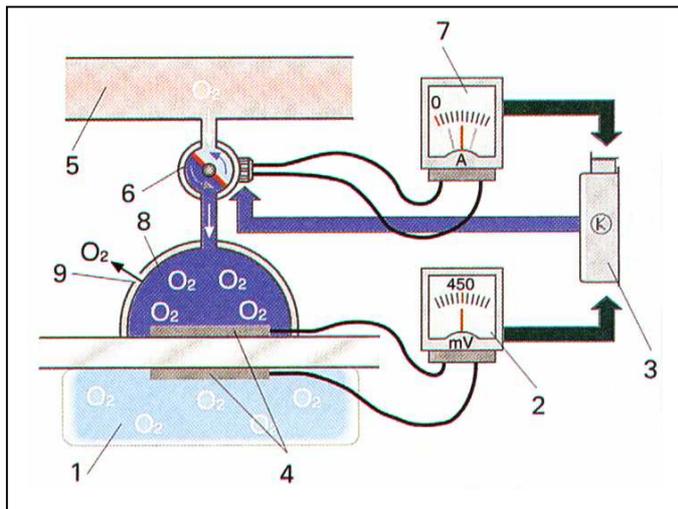


Abb. 43: Breitbandsonde - Messkammer

Die Breitband-Lambdasonde hat eine Pumpzelle und eine Nernst-Zelle und drei verschiedene Medien (Luft, Abgas und ein Gemisch $\lambda = 1$). Das Gemisch $\lambda = 1$ wird in der Messkammer aber erst aus Abgas und Luft durch den Pumpstrom erzeugt. Dieser Pumpstrom I_P ist das Maß für das Luftverhältnis Lambda.

Aufbau:



- 1 Außenluft
- 2 Sondenspannung
- 3 Motorsteuergerät
- 4 Elektroden
- 5 Abgas
- 6 Miniaturpumpe (Pumpzelle)
- 7 Pumpenstrom
- 8 Messbereich
- 9 Diffusionskanal

Abb. 44: Breitbandsonde - Aufbau

Wirkungsweise:

Die Breitband-Sonde erzeugt mithilfe zweier Elektroden eine Spannung, die aus den unterschiedlichen Sauerstoffanteilen resultiert (Abb. 44). Die Spannung der Elektroden wird konstant gehalten. Die Pumpzelle versorgt die Elektrode auf der Abgasseite mit so viel Sauerstoff, dass die Spannung zwischen den beiden Elektroden konstant 450mV beträgt. Der Stromverbrauch der Pumpe wird vom Motorsteuergerät in einen Lambda-Wert umgerechnet. Wird das Luft/Kraftstoff-Gemisch zu fett, sinkt der Sauerstoff in den Messbereich, und die Spannung der Elektroden steigt (Abb. 45). In diesem Fall entweicht durch den Diffusionskanal mehr Sauerstoff, als die Pumpzelle fördert.

Die Pumpzelle muss ihre Pumpleistung erhöhen, damit der Sauerstoffgehalt in der Außenluftkammer steigt. Dadurch wird die Elektrodenspannung wieder auf den Wert von 450mV eingestellt und der Stromverbrauch der Pumpe wird vom Steuergerät in einen Lambda-Regelwert umgerechnet.

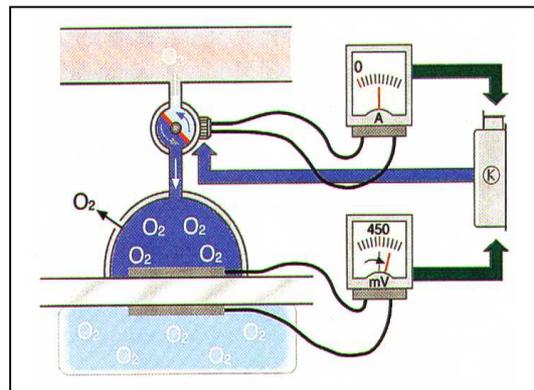


Abb. 45: Breitbandsonde - Wirkungsweise

Strontiumtitanat-Lambdasonden (SrTiO_3) haben eine Ansprechzeit von 5ms. Damit ist diese Sonde in der Lage aus dem Gesamtabgas die Abgaszusammensetzung jedes einzelnen Zylinders herauszuschöpfeln. Das kann für eine zylinderselektive Einspritzung genutzt werden, analog der zylinderselektiven Klopfregelung.

Abbildungsverzeichnis

<u>Abb.1: Sensorgrundfunktion</u>	2
<u>Abb.2: stetig lineare Kennlinie</u>	4
<u>Abb.3: stetig nicht linear Kennlinie</u>	4
<u>Abb.4: unstetig zweistufig Kennlinie</u>	4
<u>Abb.5: unstetig mehrstufige Kennlinie</u>	4
<u>Abb. 6: Ausgangssignale</u>	6
<u>Abb. 7: kapazitiver Abstandsensor</u>	7
<u>Abb. 8: Kapazitiver Keramik-Beschleunigungssensor</u>	7
<u>Abb. 9: induktiver Motordrehzahlsensor</u>	8
<u>Abb. 10: Signal eines induktiven Motordrehzahlsensors</u>	8
<u>Abb. 11: Passiver (induktiver) Drehzahlsensor</u>	9
<u>Abb. 12: Aktiver Drehzahlsensor</u>	9
<u>Abb. 13: Einbau des aktiven Sensors im Radlager</u>	10
<u>Abb. 14: Drehwinkelsensor - VE</u>	11
<u>Abb. 15: Differenzial-Feldplattensensor</u>	11
<u>Abb. 16: Differenzial-Hall-Stabsensor (radialer Abgriff)</u>	12
<u>Abb. 17: Differenzial-Hall-Stabsensor (axialer Abgriff)</u>	12
<u>Abb. 18: Signal eines Differenzial-Hall-Stabsensors</u>	12
<u>Abb. 19: Ölsensor</u>	13
<u>Abb. 20: Regensensor - Wirkungsweise</u>	14
<u>Abb. 21: Regensensor</u>	14
<u>Abb. 22: Regensensor - Wirkungsweise</u>	14
<u>Abb. 23: Schutzsensor</u>	15
<u>Abb. 24: ACC - Sensor</u>	16
<u>Abb. 25: Abstands- u. Geschwindigkeitsmessung beim FMCW - Verfahren</u>	16
<u>Abb. 26: Ultraschall-Innenraumüberwachung</u>	17
<u>Abb. 27: Messprinzip - Ultraschall</u>	18
<u>Abb. 28: Ultraschallsensor - Einparkhilfe</u>	18
<u>Abb. 29: Klopfsensor</u>	19
<u>Abb. 30: Klopfensorsignal</u>	19
<u>Abb. 31: Neigungssensor</u>	21
<u>Abb. 32: Intelligenter Batteriesensor</u>	22
<u>Abb. 33: Blockdarstellung des IBS</u>	23
<u>Abb. 34: Planare Lambdasonde</u>	24
<u>Abb. 35: Planare Lambdasonde - Funktionsschichten</u>	24
<u>Abb. 36: Spannungssprungsonde</u>	25
<u>Abb. 37: Spannungssprungsonde - Ionenwanderung</u>	26
<u>Abb. 38: Spannungssprungsonde - Keramikelektrolyt</u>	26
<u>Abb. 39: Lambdasonden-Spannung</u>	26
<u>Abb. 40: Widerstandssprungsonde</u>	27
<u>Abb. 41: Widerstandssprungsonde - Signal</u>	27
<u>Abb. 42: Breitbandsonde - Signal</u>	28
<u>Abb. 43: Breitbandsonde - Messkammer</u>	28
<u>Abb. 44: Breitbandsonde - Aufbau</u>	29
<u>Abb. 45: Breitbandsonde - Wirkungsweise</u>	29