

HEAD
===== d53c9df869193c38202715d095eaa84599a3978

berblick ber die elektronischen Systeme von Fahrzeugen

Peter Burger Malte Hoffmann Andreas Lay
Benjamin Pottkamp Tobias Schlauch Tobias Wiest

14. Februar 2020

Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Contents

1 Abstrakt

Mittlerweile machen elektronische Systeme etwa ein Drittel der Gesamtkosten bei der Produktion von Personenkraftwagen aus [?]. Von Motorsteuerung, über aktive und passive Sicherheitssysteme, Wartung und Diagnose bis hin zur Unterhaltungselektronik sind Personenkraftwagen inzwischen hochgradig vernetzte Systeme.

Mit den aktuellen Entwicklungen in Richtung teil- und vollautonomer Systeme wird diese Vernetzung noch weiter zunehmen und die elektronischen Systeme werden der Hauptwertträger eines Fahrzeugs werden.

Ziel dieser Ausarbeitung ist es dem interessierten Leser einen Überblick über die wichtigsten elektronischen Systeme in modernen Fahrzeugen und deren Interaktion untereinander zu geben. Ein gewisses technisches Grundverständnis vorausgesetzt soll er in der Lage sein, neue Entwicklungen in den Kontext des aktuellen Stand der Technik zu setzen.

Da es sich um ein komplexes Thema handelt, dass auf beschränktem Platz dargeboten werden soll, müssen gewisse Teilbereiche naturgemäß kürzer ausfallen oder gänzlich ignoriert werden.

2 Vorwort

Example of a citation [?]

3 Vernetzung im Fahrzeug

1. EINLEITUNG Vernetzung - bergang/einleitungs teil, begrndung warum relevant

- unterteilung in 4 subsystems (paper) powertrain, chassis, body, infotainment - Roughly speaking, an auto-electronics system consists of four subsystems: powertrain, chassis, body, and infotainment. Various protocols have been developed for these systems. - controller area network (CAN) has long been used to transmit the majority of in-vehicle communication signals and is still widely deployed in the powertrain and body control domains. - FlexRay, with a distinguished determinism and fault-tolerance capability, is typically used in support of advanced chassis control and communication backbones. - While the local interconnection network (LIN) was designed for cost-saving purposes and is often used in low-speed communications - where high networking performance is usually not required, Media Oriented Systems Transport (MOST) networks are notably expensive and are commonly used in premium vehicles as the carrier of infotainment data.

- Each sub-system has its own control units such as mechanical, electrical, or computer controls, which are independent of but cooperative with those of other sub-systems.

- Powertrain: The powertrain sub-system refers to a set of automobile components including engine, transmission, shafts, wheels, and so on, that generate power to the vehicle. The powertrain can also include sensors and actuators to improve the comfort of the ride, reduce pollution caused by exhaust systems, increase fuel efficiency, and strengthen the vehicles safety.

- Chassis: The chassis sub-system refers to the internal framework that supports the powertrain and all other components, except the engine, that are required for driving. Brakes, steering, and suspension are commonly known components in the chassis. Similar to the powertrain, sensors and actuators can be installed in the chassis domain and have stringent delay requirements.

- Body: The body sub-system includes comfort-controlling components such as climate control, seat adjustment, window rolling, lights, and so on. Sensors for these components usually have low bandwidth requirements and have a relatively high-tolerance for delays (milliseconds).

- Infotainment: The infotainment sub-system provides an interface for facilitating the interaction between humans and the automobiles electronics. This sub-system presents information acquired from sensors or ECUs in a user-friendly and interactive manner to users for the purpose of entertainment. Users mobile devices can also be hooked up to the infotainment sub-system via Bluetooth, WiFi, or cellular networks. Moreover, as the infotainment sub-system controls different parts of the vehicle and displays their information, it is capable of communicating with other subsystems. For example, some advanced infotainment systems can remotely diagnose vehicle problems by gathering diagnostic data from other subsystems. As such, the infotainment system requires high bandwidth but is tolerant to delay in the scale of millisecond.

- SAFETY-SYSTEM: a sub-system that is vertical to these sub-systems is

the driver assistance and safety system. This system is designed to assist drivers to operate a vehicle in a safer manner. It includes built-in GPS, cruise control, automatic parking, and even more advanced functionalities such as lane-shift warning, collision avoidance, intelligent speed adjustment or advice, driver drowsiness detection, and blind spot detection. This system typically has its own sensors and dedicated controllers, which intensively interact with other systems (i.e., powertrain, chassis, body, and infotainment). Also, it usually demands high bandwidth, and such a demand keeps increasing due to more cameras (for example, BMWs surround view feature) being installed on new car models.

WIRED technologies:

CAN: CAN is an asynchronous serial bus network that interconnects devices, sensors, and actuators in a system or a sub-system for control applications. CAN is a multi-master communication protocol that is designed for data integrity and automotive applications with data rates up to 1 Mb/s. CAN is known for its low cost and high reliability. Due to these advantages, CAN is widely used in the powertrain, chassis, and body electronics. CAN has relatively low bandwidth and is a shared medium for data transmissions, which significantly restricts its application to other domains such as infotainment.

LIN is a universal asynchronous receiver-transmitter-based, single-master, multiple-slave networking protocol that was purposefully developed for automotive sensor and actuator networking applications. LIN offers a cost-effective alternative for connecting motors, switches, and sensors in the vehicle. LIN is often used for body electronics as it is free and its bandwidth requirement is easy to meet.

- **FlexRay:** FlexRay is a network communications protocol with a dual-channel data rate up to 10 Mb/s for advanced in-vehicle controls. The notable feature of FlexRay is its dual-channel architecture that provides reassurance to satisfy the reliability requirements of emerging safety systems such as brake-by-wire.

- **Media Oriented System Transport (MOST):** MOST is a high-speed multimedia network technology that is specially designed for the infotainment system.

- **Ethernet:** Ethernet has been the standard technology for local area networks ever since it was invented, and plays a critical role in the development of all types of communications. Automotive Ethernet is the Ethernet technology when it is used to connect components within a vehicle. Being initially designed to meet various (e.g., electric, bandwidth, latency, synchronization, and network management) requirements, the advantages of automotive Ethernet are obvious: It increases the communication bandwidth for advanced driving functionalities and the infotainment system. It changes the in-vehicle network structures from decentralized domain-specific topologies to hierarchical ones. It enhances the scalability and flexibility of future in-vehicle networking architecture. In addition to these networking technologies, advancements in power and data transmissions are also worth noting.

- **Power Line Communication (PLC):** PLC is a set of technologies using

electronic wires to simultaneously carry both data and electric power. Traditionally, electronic devices in a vehicle were always required to have at least two connections: one for data transmission and one for power supply.

WIRELESS: Wireless communication technologies are a potential alternative for in-vehicle networking. These technologies not only allow wireless connections to be established between drivers/ passengers personal electronics and vehicles built-in infotainment system, but can eliminate the need for wirelines by also interconnecting sensors, actuators, and ECUs in such a manner.

Anforderungen: zeitkritisch, zuverlässig, redundant für x by wire systeme, engere Anbindung, oft zeitgesteuerte systeme, da zeitliche aktualität der daten bestimmbar und ausbleiben einer nachricht sofort erkannt wird. Aber nicht sehr gut erweiterbar, muss oft im voraus geplant werden. Composability ist wichtig -> Zusammensetzbarkeit, unabhängige Integration von Teilsystemen in das Gesamtsystem. berprüfung und Fehlerbehandlung somit auch auf das Teilsystem beschränkt.

Systemunterteilung: powertrain, chassis, body, infotainment Arten der Vernetzung: wired: can, lin, flexray, most, ethernet wireless: wifi, bluetooth, uwb, zigbee topologien: stern, maschen, ring, bus, hybrid Adressierungsarten: teilnehmerbasiert, nachrichtenorientiert, bertragungsorientiert Buszugriffsverfahren: tdma, cdma, master-slave, random, csma/c(a/d) strukturierung: osi referenzmodell Steuermechanismen: ereignis und zeitgesteuert

Vernetzung im KFZ: früher einfache signalleitungen zur kom. Bedarf zu hoch, Lsung Bussysteme viele signale in mehreren steuergerten benötigt, somit sinnvoll gemeinsam genutzte gren in einem steuergert zu berechnen und ber interne netzwerk kommunikation auszutauschen beispiele (pre crash und acc s83)

vorteile von bussystemen gegenüber herkömmlichen verdrahteten signalleitungen: kosten, gewicht, bauraum, höhere zuverlässigkeit, funktionssicherheit (geringere anzahl steckverbindungen), vereinfachte fahrzeugmontage, durch sensor empfangene signale können auf bus gegeben und von den relevanten komponenten empfangen und verarbeitet werden. Composability -> einfachere einbindung neuer Systeme an einen Datenbus anstelle neuer verkabelung.

Anforderungen an bussysteme: datenbertragsrate, strsicherheit

klassifizierung von bussystemen: klasse a,b,c,d

Einsatzgebiete: antriebsstrang, chassis, innenraum, telematik antriebsstrang u chassis -> primär echtzeitanwendungen (evtl details s86) Innenraum -> Multiplexaspekte bei der Vernetzung. (details s86) Telematik -> Multimedia- und Infotainmentanwendungen vernetzt (details s86)

kopplung der netzwerke: - da protokolle nicht kompatibel -> gateway, liest empfangene daten ein und passt format für das ziel netzwerkprotokoll an. - entweder zentrales gateway oder verteilte gateways - eingesetzte bussysteme sind herstellerabhängig

4 Bussysteme

4.1 CAN

4.1.1 Anwendung

4.1.2 Topologie

4.1.3 Realisierung

4.1.4 Vor- und Nachteile

4.2 LIN

4.2.1 Anwendung

4.2.2 Topologie

4.2.3 Realisierung

4.2.4 Vor- und Nachteile

4.3 FlexRay

4.3.1 Anwendung

4.3.2 Topologie

4.3.3 Realisierung

4.3.4 Vor- und Nachteile

4.4 Automotive Ethernet

4.4.1 Anwendung

Für Ethernet im Automotive Bereich wird der Standard IEEE802.3 verwendet. Trotz seiner hohen Beliebtheit und Verbreitung war Ethernet im Automotive Bereich lange Zeit undenkbar, vor allem da es keine Echtzeit erfüllen kann und für kleine Anwendungen zu teuer ist. Moderne Anwendungen (z.B. komplexere Assistenzsysteme, Diagnose- oder Multimedia-Anwendungen) fordern jedoch immer höhere Datenraten, so dass Ethernet immer mehr Beachtung bekommt. Es wurden auch Protokolle und Technologien entwickelt, um Ethernet besser an die Anforderungen anzupassen. Es gibt mit TimeTriggeredEthernet/SAE AS6802 einen echtzeitfähigen Ethernet Bus und durch Audio-Video-Bridging können komplexere Multi-Media-Anwendungen, z.B. Surround Sound oder synchrone Wiedergabe von Audio/Video-Dateien, realisiert werden. Um Kosten und Leitungen zu sparen wurde 100Base-T1 entwickelt, hier wird nur ein verdrehter Kupferdraht benutzt.

4.4.2 Topologie

Ethernet wird im Automotive Bereich oft in der Stern- (siehe Abbildung "NR FEHLT"), Bus- (siehe Abbildung "NR FEHLT") oder Baum-Topologie (siehe Abbildung "NR FEHLT") verwendet. Dies ist ein neuer Ansatz, da die meisten bisherigen Bussysteme nahezu nur auf die Sterntopologie setzen.

4.4.3 Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
- hohe Datenrate	- hohe Kosten
- neue Technologien z.B. Service discovery, DNS oder Streams fr Multimedia	- keine Echtzeitfhigkeit, nicht deterministisch
- leichte Anbindung fr IOT und Internet	- Umdenken/Umdesignen fr neue Topologie und neuen Ansatz
- viele Standardimplementationen und Wiederverwertbarkeit der Software	
- einfacher Austausch von Komponenten	

4.5 MOST

4.5.1 Anwendung

Der MOST-Bus (Media Oriented Systems Transport) wird von der MOST Co-operation standardisiert und wird im Automotive Bereich nahezu ausschließlich fr Multi-Media-Anwendungen eingesetzt. Durch seine hohe Datenrate kann es schnell viele Daten zwischen den Komponenten verschicken.

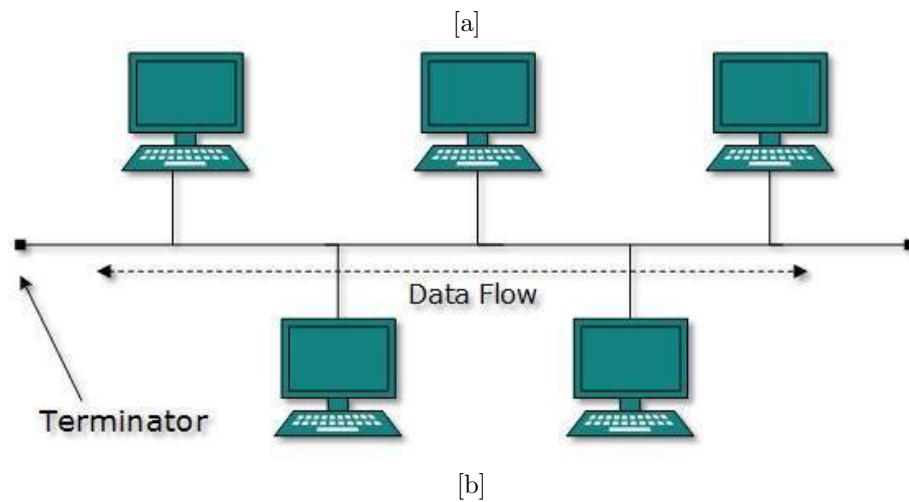
4.5.2 Topologie

Ein MOST-Netzwerk ist immer als synchronisierter Ring aufgebaut. Es gibt immer einen Master, der die Synchronisation steuert. Alle Komponenten haben einen Kontrollkanal, auf dem Daten zum Status des Systems/Netzwerks gesendet werden. Zudem gibt es mehrere synchrone und asynchrone Kanäle, die sich die Bandbreite, je nach Last, teilen. Auf dem synchronen Kanal werden fortlaufende Daten, z.B. Audio- oder Videostreams verschickt. Die asynchronen Kanäle sind für Daten reserviert, die nicht fortlaufend entstehen, aber schnell verarbeitet werden sollen. Z.B. Nutzereingaben zum berspringen eines Songs oder Eingabe ins Navi.

4.5.3 Realisierung

4.5.4 Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
- hohe Datenrate	- hohe Kosten
- einfacher Austausch von Komponenten	- proprietäre Hardware
- einheitliche Schnittstellen von Komponenten	



TREE Topology

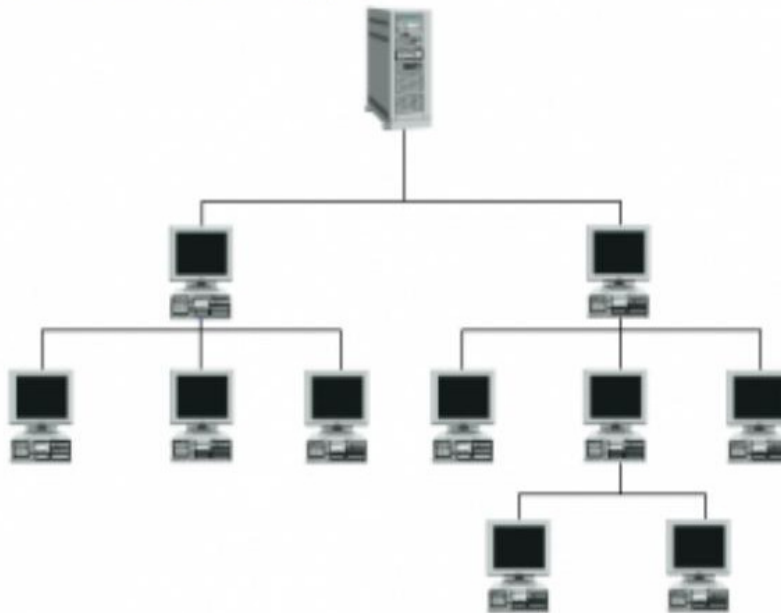


Figure 1: Ethernet Topologie

4.6 Bluetooth

4.6.1 Anwendung

Bluetooth wird durch die Bluetooth Special Interest Group, ein Verband aus derzeit über 2000 Unternehmen, standardisiert. Momentan ist Bluetooth 5 die

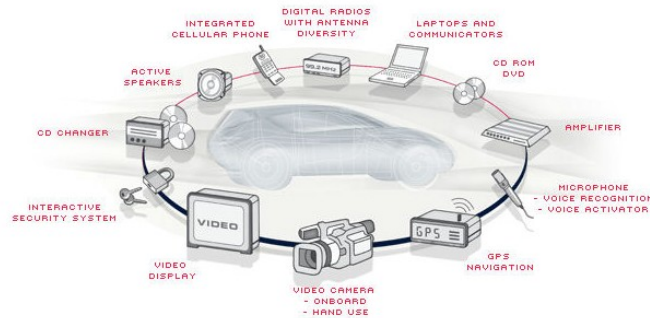


Figure 2: Abbildung 4.3

aktuellste Version. Es wird im Automotive Bereich verwendet, um kostengünstige und kabellose Verbindungen aufzubauen. Der grte Bereich sind hierbei Multi-Media-Anwendungen, um beispielsweise Smartphones oder Kopfhörer anzubinden.

4.6.2 Topologie

Bluetooth Netzwerke haben immer einen Master, der die Kommunikation steuert. Dieser ist jedoch nicht fest, sondern wird erst beim Verbindungsaufbau ausgemacht. Bluetooth-Netzwerke knnen entweder als Pico- oder Scatternet aufgebaut sein.

Ein Piconet ist eine Ansammlung von mind. zwei Bluetooth-Gerten. Eines der Gerte bernimmt die Rolle des Masters und steuert die Kommunikation mit allen Slaves. Slaves knnen nur mit dem Master kommunizieren.

Ein Scatternet ist ein Zusammenschluss von mehreren Piconets, bei dem jeweils ein Knoten teil eines anderen Piconets ist. Dieser geteilte Knoten kann nicht gleichzeitig in beiden Netzen sein, sondern muss immer zwischen den Netzen wechseln. Der geteilte Knoten kann Master hchstens fr eines der Netze sein.

4.6.3 Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
- geringe Kosten	- geringe Datenrate
- kabellos	- geringe Reichweite
- Standardsoftware	- stranflliger als physische Busse

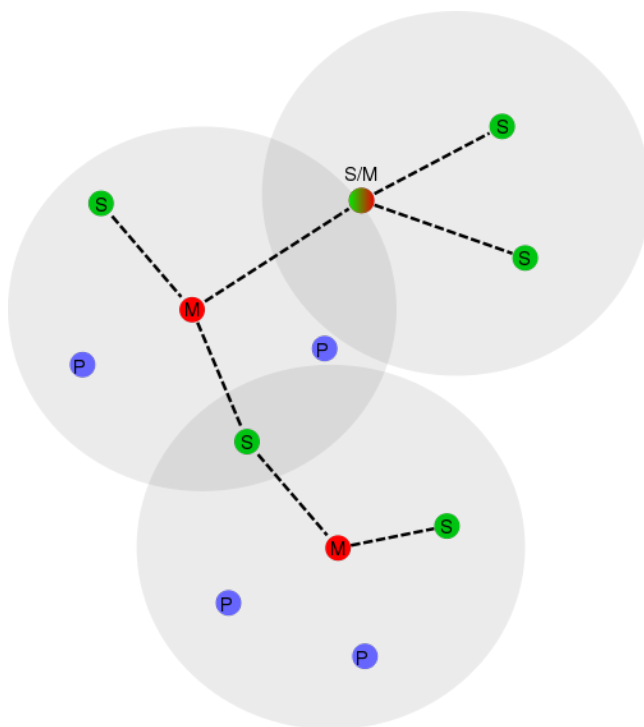


Figure 3: Abbildung 4.4

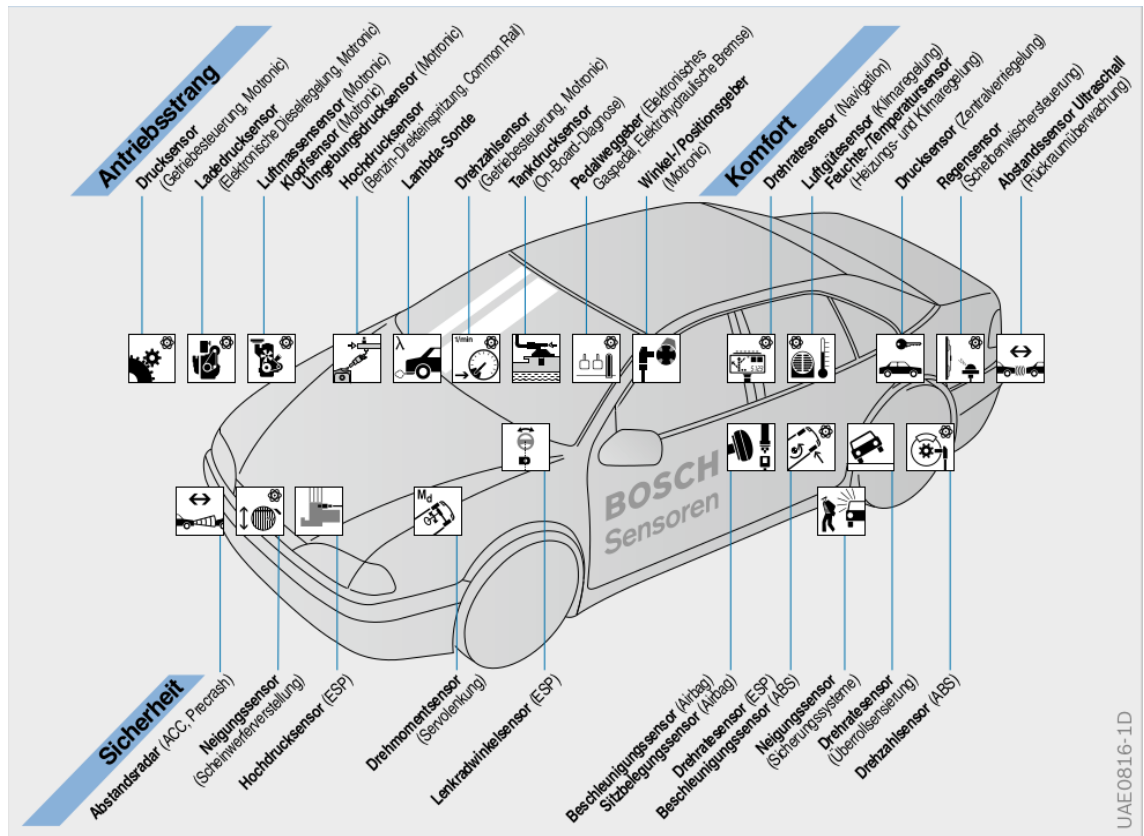


Figure 4: [?]: bersicht der Sensoren im Automobil

5 Sensoren

5.1 bersicht

In der vorliegenden Grafik werden sämtliche Sensoren aufgezeigt:

Für einen besseren Überblick werden in diesem Kapitel die Sensoren des Automobils begutachtet, aufgelistet und erläutert.

5.1.1 Begriffsdefinition

Unter Sensor versteht man im allgemeinen eine Komponente/ Fühler/ Detektor/ Aufnehmer, welche eine physikalische Größe oder chemische Effekte durch messtechnische Verfahren aufgenommen und in ein analoges, elektrisches Signal convertiert.

Sensorart	Messtechnik	Beispiele	Erfassungsart
Resistiv	Elektrische Widerstandsänderung Potentiometrische Sensoren	Dehnungsmessstreifen mechanisch	
Induktiv	Änderung der Induktion	Schwingungsaufnehmer Induktivaufnehmer	nicht mechanisch
Wirbelstrom	Änderung des Wirbelstroms	Induktive Initiatoren	nicht mechanisch
Magnetfeld	Änderung des Magnetfelds Feldplatte	Hall-Generator nicht mechanisch	
Kapazitiv	Kapazitätsänderung kapazitiver Näherungsschalter	Drucksensor mechanisch	
Optoelektrisch	Opto-elektrische Umsetzung Fotodiode	Fototransistor nicht mechanisch	
Temperatur	Kontaktthermetrie Widerstandsthermometer	Thermoelement mechanisch	

Table 1: [?]: Tabelle zur Einteilung von Sensoren

5.1.2 Arten

In folgender Tabelle sind diversen Arten von Sensoren aufgelistet:

Der Sensor erfasst also diverse physikalische Größen und durch die oben beschriebene Verfahren werden diese analog erfasst in analog- elektrische Strom-/ Spannungssignale umgewandelt. Hierbei kann man zwischen mechanischen und nicht mechanischen Sensoren unterscheiden.

Unter mechanischen Sensoren versteht man, welche durch mechanische Einwirkungen ihre elektrische Eigenschaft verändern. Beispiele dafür sind Kraft oder Druckeinwirkung. Hierbei wird der Sensor mechanisch belastet.

Nicht-mechanischen Sensoren unterscheiden sich soweit von den anderen, dass sie keine mechanische Einwirkungen brauchen. Diese reagieren auf die Änderung, welche keine Krafteinwirkung benötigen, beispielsweise Helligkeit. [?] Des Weiteren wird zwischen aktiven und passiven Sensoren unterschieden. Ein aktiver Sensor ist selbst ein Spannungserzeuger und benötigt keine weitere elektrische Hilfsenergie, um betrieben zu werden. Beispiele dazu wären ein Thermoelement, Licht- und Drucksensor.

Passive Sensoren hingegen benötigen eine aktive Spannungsversorgung, auch Sekunderelektronik genannt, welche es erlaubt, die Messung in elektrische Signale, also in Primärelektronik, umzuwandeln. Beispiele dazu wären eine Wägezelle, Dehnungsmessstreifen, Magnetfeldsensoren.

5.2 Klassische Sensoren im Automobil

In dem vorhergehenden Kapitel wurde ein grundlegendes Verständnis und eine grobe Eingliederung der Sensoren eingeordnet. Mit diesem Grundwissen wird im folgenden Kapitel auf Sensoren im KFZ- Bereich eingegangen.

Grund für Sensortechnik im Automobil ist darauf zurückzuführen, dass sich im Laufe der Zeit sich das Automobil verändert hat im Hinblick auf Fahrerunterstützung und Fahrerhilfssysteme. Die Sensoren dienen hierbei der Eingabe von einem tatsächlichen Wert (Ist-Wert). Durch diese Angaben werden einer ECU (electronically controlled unit), also einer elektronischen Einheit via einem Bussystem gesendet, welche einen Abgleich des Ist-Wertes mit dem Soll-Wert errechnet und dementsprechend das Modul nachregeln und steuern kann.

Da Sensoren diversen äußeren physikalischen und/ oder chemischen Einwirkungen ausgesetzt sind, müssen diese diesen entsprechend gerecht werden. Aus diesem Grund gibt es verschiedene Anfertigungsformen wie wasserdicht, dreck- und staubgeschützt. Diese werden in dem nächsten Kapitel ebenfalls erörtert.

Ein Ausfall des Sensors kann durch folgende Ursachen hervorgerufen werden

- Kurzschluss
- Leitungsunterbrechung
- Verschmutzung
- Mechanische Beschädigung
- nicht korrektes Anbringen des Sensors
- Sensor defekt

Nach einem Ausfall kann man durch gezielte Fehlersuche den Fehler analysieren:

- Anschlüsse prüfen
- Auslesen des Fehlerspeichers
- Allgemeine optische Prüfung
- Subern der Sensoren
- Messungen mit einem Messinstrument vornehmen wie:
 - Oszilloskop
 - Voltmeter
 - Amperemeter
 - Ohmmeter

Nun werden die Sensor peu peu erörtert.



Figure 5: [?]: Abbildung: NTC

5.2.1 Temperatursensor NTC

Bei einem Temperatursensor handelt es sich um einen nicht-mechanischen, aktiver Sensor, welcher die Temperatur erfasst. Die Sensoren sind auf einen Messbereich zwischen -40°C und $+200^{\circ}\text{C}$ skaliert ist. Ist die Temperatur ber diesem Bereich werden spezielle Hochtemperatursensoren (HTS) verwendet.

In der folgenden Abbildung wird der Aufbau eines Temperatursensors. Hierbei werden zwei unterschiedlich, elektrisch aufgeladene Metalle am Ende (der Messstelle) miteinander verbunden. Hier wird die Temperatur von dem zu messenden Element gemessen.

Die Temperaturdifferenz wird an den zwei offenen Enden mit Hilfe des Seebeck-Effekts in elektrische Spannung umgewandelt. Nun kann man die Differenz der beiden Leiter vergleichen, wobei einer der Leiter als Referenz benutzt wird (grauer Leiter). [?]

NTC Sensoren werden beispielsweise in folgenden Modulen angewandt:

- Katalysatorberwachung
- ltemperatur
- Klimaanlage
- Khlwassertemperatur

HTS hingegen werden fr:

- AGR
- Turbolader
- Rufilter

eingesetzt.

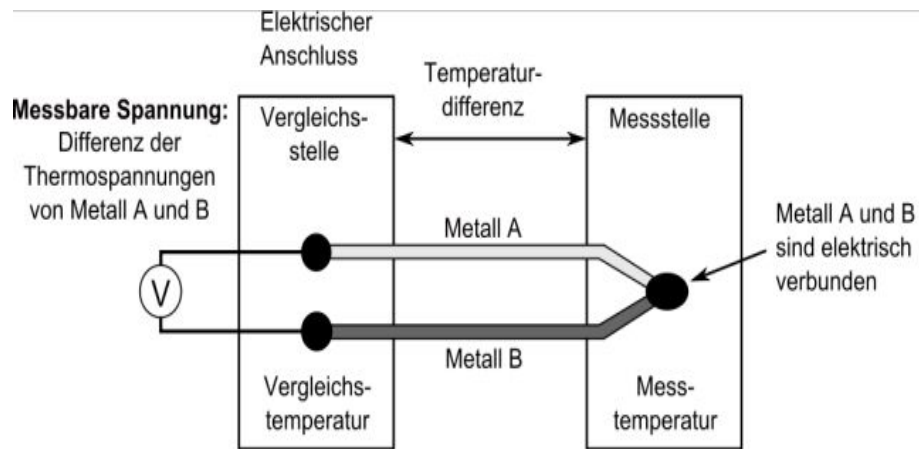


Figure 6: [?]: Abbildung: Aufbau NTC



Figure 7: [?]: Abbildung: Induktiver Sensor

5.2.2 Induktive Sensoren

Diese arbeiten nach dem Induktionsgesetz. Hierbei erleidet der Sensor keinerlei Verschleiß, da es keinen direkten Kontakt zu dem zu messenden Objekt existiert.

Für ein Verständnis, wo diese Sensoren welche Aufgaben im KFZ-Bereich erfüllen, reicht es nur den groben Aufbau zu kennen.

Eine Spule wird von Strom durchflossen, welche daraufhin ein Magnetfeld erzeugt.

In der Abbildung TS09 ist der Sensor bei einer Art Zahnrad, welches man Impulsrad nennt, angebracht.

Der magnetische Fluss durch die Spule hängt davon ab, ob dem Sensor eine

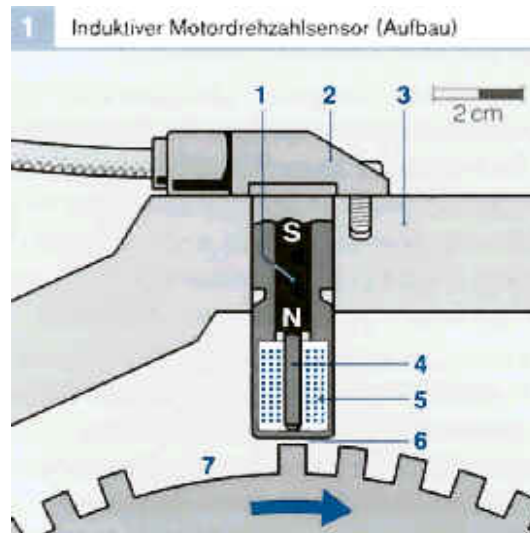


Figure 8: [?]: Abbildung: Induktiver Sensor

Lücke oder ein Zahn gegenübersteht. Ein Zahn bündelt den Streufluss des Magneten, eine Lücke dagegen schwächt den Magnetfluss." [?] Die Anzahl der Änderungen/ Impulse in einer bestimmten Zeiteinheit ist ein Maß für die Drehzahl des zu messenden Objekts. Darüber hinaus kann auch die exakte Position des Moduls erkannt werden.

1 Dauermagnet, 2 Induktivgebergehäuse, 3 Motorgehäuse, 4 Weicheisenkerne, 5 Induktionswicklung, 6 Luftspalt, 7 Zahnknoten

Induktive Sensoren werden beispielsweise in folgenden Modulen angewandt:

- Drehzahlerfassung wie
 - Kurbelwellenstellung
 - Getriebe
- Drosselklappenstellung
- Lenkwinkel z.B. ESP, "steer by wire"
- Fahrpedalgeber
- Bremspedal

Allerdings kann ein Ausfall eines Sensors zu erheblichen Schäden und sicherheitstechnischen Gefährdungen führen:

- Motor kann aussetzen oder gar stillstehen
- es wird ein Fehlercode abgespeichert

5.2.3 lsensor

Dieser Sensor wird verwendet, um den Zustand der des verwendeten ls zu erhalten und den Füllstand. Somit kann angezeigt werden, wann ein lwechsel notwendig ist. Das Einbringen des Sensors spart also Geld, schont die Umwelt und gibt Rückschlüsse auf den Zustand des Motors und können Motorschäden verhindern. [?]

5.2.4 Lenkdrehmomentsensor

Um die Funktion des Servomoduls umsetzen zu können, benötigt das Steuergert exakte Informationen über die vom Fahrer eingegebene Lenkbefehle. Um diese Eingabe richtig erfassen zu können, wurde ein Sensor konstruiert, welcher "[...]die erforderlichen Daten wie Drehwinkel, Drehrichtung und Drehmoment elektronisch erfassen.[...]" [?] kann und an das Steuergert sendet.

Die Funktionsweise eines Drehmomentsensors kann durch zwei diverse Arten realisiert werden:

- 1. Magnetoresistives Prinzip:
Mittels Eingangswelle, Torsionsstab/ Drehstab (eine stabförmige Feder, welche sich in axialer Richtung drehen lässt), Antriebswelle und einem magnetoresistiven Element.
Leitungen zur Spannungsversorgung und Signalübertragung nicht beschädigt werden, sind diese in einer Vermantelung, welche auch als Wickelkassette bezeichnet wird.

Durch das Einlenken des Fahrers wird der Torsionsstab ebenfalls verdreht. "Diese Verdrehung ist ein Maß für das Lenkmoment." [?]

Durch gezieltes Aufbringen von Widerständen können die Drehbewegungen registriert werden. Durch das Drehen, also spannen oder stauchen der Feder (Fahrer lenkt links bzw rechts ein) verändert sich das Magnetfeld, welches wiederum den elektrischen Widerstand verändert und somit ein die Spannung. Diese Spannungssignale werden über die Signalleitungen an das Steuergert übersendet, welches aus den Informationen die aufzubringende Unterstützungsmomente berechnen kann.

- 2. Optisches Prinzip:
Vor und hinter dem Torsionsstab ist jeweils eine Scheibe angebracht, welche eine bestimmte Codierung mittels eingelassenen Löchern haben.
Zur Bestimmung der Einlenkgeschwindigkeit wird axial und parallel zu dem Torsionsstab eine Leuchtdiode (über der ersten Scheibe) und eine Fotodiode (unter der zweiten Scheibe) angebracht.
Hierbei sendet die Leuchtdiode ein gebündeltes Licht aus, welches auf der gegenüberliegenden Seite von der Fotodiode erkannt wird. Bei einfallendem Licht verändert sich der durchfließende elektrische Strom durch die Fotodiode.

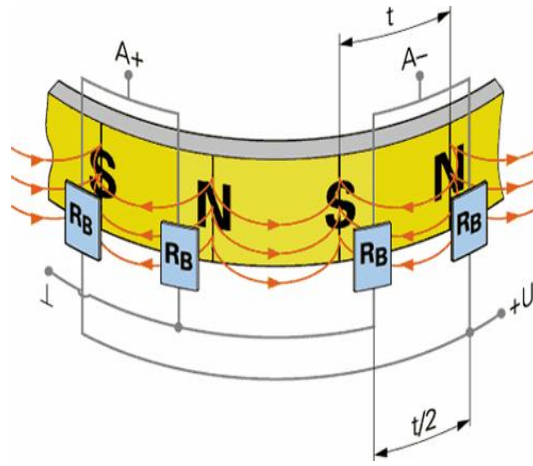


Figure 9: [?]: Abbildung: magnetoresistives Prinzip

Dreht sich also die Scheibe kommt es zu einem Wechsel der Stromstärke. Diese Impulse werden an das angebundene Steuergert gesendet, welches aus diesen empfangenden Informationen die Berechnungen durchführt.

5.2.5 Regensensor

Dieser nicht- mechanische Sensor "[...] registriert Wassertropfen auf der Windschutzscheibe durch opto-elektrisches Verfahren." [?]

Der Sensor befindet sich innerhalb des Wischbereichs des Scheibenwischers, weshalb die Stärke des Regens/ Niederschlags wahrgenommen werden kann.

In dem Sensor befindet sich eine Leuchtdiode und eine Fotodiode, welche in einem bestimmten Abstand voneinander angebracht sind. Die Leuchtdiode sendet ein Infrarotlicht aus. Dieses Lichtbandel wird bei trockener Windschutzscheibe an der äußeren Scheibe reflektiert und nahezu mit voller Lichtstärke von dem Sensor aufgenommen. In der Physik spricht man hier von einer Totalreflexion.

Befinden sich nun Wassertropfen in dem Bereich des Sensors auf der Frontscheibe, wird durch den dort sich drauf befindlichen Wassertropfen das ausgesendete Lichtbandel nicht komplett reflektiert, sondern ein Teil des Lichtes wird gebrochen und durch den Tropfen gestreut. Das Resultat daraus ist, dass der ausgesendete Lichtstrahl nur noch mit einem Bruchteil der ursprünglichen Stärke den Sensor erreicht.

Aus diesen Daten errechnet die dort darin befindliche Elektronik die Stärke des Niederschlages, gibt diese an ein Steuergert weiter, welches wiederum die Scheibenwischer ansteuert. Somit bleibt die Oberfläche des Sensors immer tropfenfrei und es wird ein optimales Messergebnis erreicht.

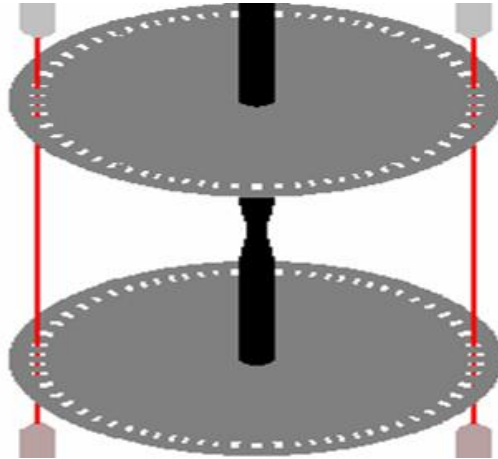


Figure 10: [?]: Abbildung: photooptisches Prinzip

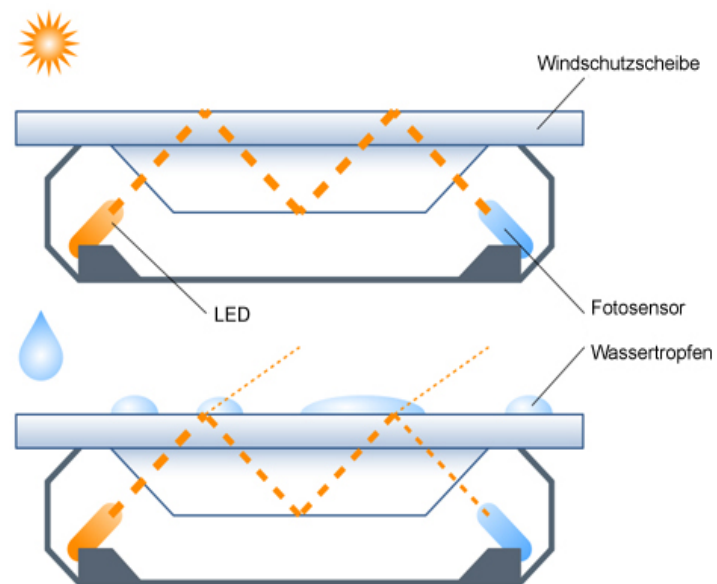


Figure 11: [?]: Abbildung: Regensensor Prinip

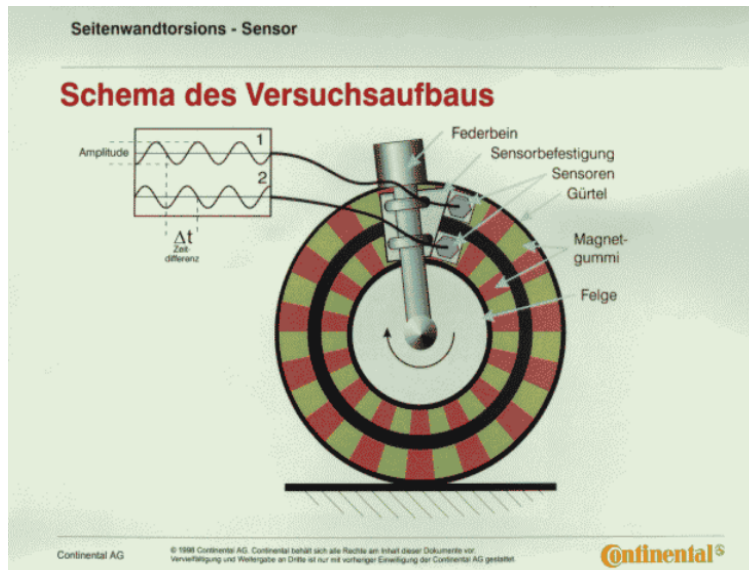


Figure 12: [?]: Abbildung: Reifen als Sensor

5.2.6 Seitenwandtorsionssensor

Im Folgenden Abschnitt wird der Seitenwandtorsionssensor mit SWT (engl.: Sidewall Torsion Sensor) abgekrzt.

Elektronische Regelsysteme wie ABS oder ESP bentigen smtliche Informationen ber das Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und dem Fahruntergrund und den daraus entstehenden Krften. Um die einzelnen Sekundrgren wie Motorleistung, Bremsdruck, Radgeschwindigkeit und Fahrzeugbeschleunigung zur Berechnung nicht mehr benutzen zu mssen, wurde von Continental ein Sensorsystem entwickelt, welches das Rad als Sensor fungieren lsst, das sogenannte SWT-System.

Der Reifen besteht aus Magnetgummi und den Magnetfeldsensoren, sowie einem Signalaufbereitungssystem und einer zentralen Recheneinheit.

Um die Funktionsweise verstehen zu knnen mssen erst einige Begriffe ertert werden:

- Beschleunigen: Die Art des Kraftaufwandes, welche zum Bewegen des Fahrzeuges bentigt wird.
- Bremsen: Eine negative Beschleunigung, die entgegengesetzt der Fahrtrichtungsbeschleunigung, und somit mit entgegengesetzter Kraft wirkt.
- Lngskrfte: Die Krfte, welche beim Beschleunigen oder Bremsen auf den Reifen wirken.
- Querkrfte: Die Krfte, welche "[...]quer zur Fahrtrichtung wirken un dbei Kurvenfahrt auftreten[...]. [?] Wird oftmals auch als Seitenkraft (S) bezeichnet.

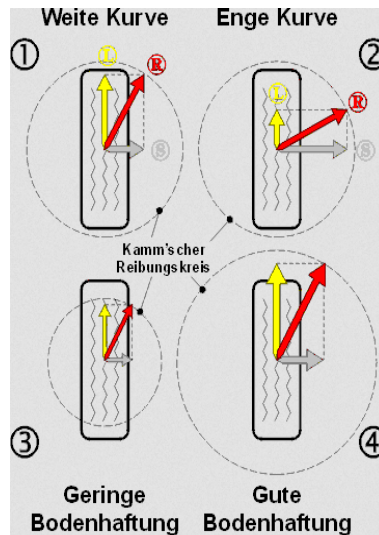


Figure 13: [?]: Abbildung: Zusammenspiel zwischen Lngs- und Querkraft

- **Verformung:** Der Reifen wird durch die einwirkenden Kräfte aus seiner ursprünglichen Form gebracht und somit verformt sich dieser. Nachdem die einwirkende Kraft nachlässt, formt sich der Reifen wieder zurück in eine ursprüngliche Form.

Hierbei ist der gelbe Pfeil (L) die Längskraft, also die Beschleunigung des Fahrzeuges. Der graue Pfeil entspricht der Querkraft (S) und der rote Pfeil ist die tatsächlich bertragene Kraft auf den Fahruntergrund.

Die Messung findet mittels der Verformung statt. Hierfür werden zwei Sensoren am Fahrwerk angebracht, wobei einer der beiden auf der Höhe der Felge ist und der andere nahe am Scheitelpunkt des Reifens angebracht wird. Darüber hinaus ist die Reifenseitenwand magnetisch, um ein Messergebnis erzielen zu können. In der obigen Abbildung erkennen wir ein Muster auf dem Reifen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein Magnetpulver in die Reifenseitenwand eingemischt wird. Dieses Gemisch wird über den gesamten Umfang des Reifens gestrichen und somit erhält man eine Abwechslung zwischen Nordpol und Südpol. Die Streifen stellen dies bildlich dar.

Solange auf den Reifen keine Längskräfte wirken, „[...] erfolgt der Wechsel zwischen den Magnetpolen an beiden Sensoren gleichzeitig, die Zeitdifferenz zwischen den Signalen beider Sensoren ist Null.“ [?]

Beschleunigt oder verzögert der Fahrer das Fahrzeug, überschreiten die Grenzen der Magnete zu unterschiedlichen Zeiten die Sensoren, somit ist eine Zeitdifferenz zu messen. Diese gemessene Zeitdifferenz wird an ein eingebautes Steuergert gesendet, welche die Fahrerassistenzsysteme wie ASR und ABS anspricht und dementsprechend der derzeitigen Fahrsituation anpasst.

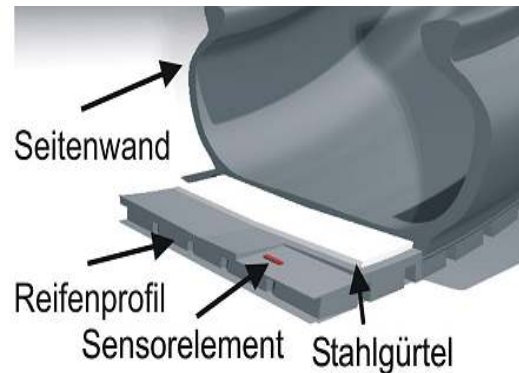


Figure 14: [?]: Abbildung: Einpflanzung des Chips in den Reifen

Während einer Kurvenfahrt kann der Abstand zwischen der Reifenseitenwand und dem Sensor gemessen, da sich mechanisch gesehen der Abstand zwischen diesen vergrößert/ verringert wird und somit ändert sich ebenfalls die Stärke des Magnetfelds.

Mit Hilfe diesen gemessenen Werten können Hilssysteme wie ASB und ESP entsprechend angesteuert werden. Dies sorgt für ein sichereres, da die Ansteuerung optimiert werden kann. In der Praxis bedeutet dies, dass der Fahrer einen kürzeren Bremsweg und eine bessere Kontrolle auf kurvenreichen und schweren Strecken über das Fahrzeug hat.

5.2.7 Reifensensor

Ein in den Reifenprofil eingebetteter Chip überträgt hochfrequent die Signale an eine im Radkasten befindliche Antenne und wird von dieser ausgelesen. Ändert sich der Zustand der Straße verändert der Sensor das Signal. Dies geschieht pro Sekunde mehrere Male. Darüberhinaus kontrolliert der Sensor permanent den Reifendruck. Mit diesen Informationen kann nicht nur die Lebensdauer des Reifens, sondern auch die Sicherheit erhöht werden, da sich gezielt ABS und ESP einschalten.

5.2.8 Reifendruckberwachungssystem(RDKS)

RDKS (engl.: TPMS (Tire Pressure Monitoring System)) wird eingesetzt, um die Lebensdauer des Reifens zu erhöhen. Am 1. November 2014 die Reifen- und Autohersteller verpflichtet, ein RDKS zu implementieren. Hierbei wird jeder Reifen mit einem Sensor ausgestattet, damit der Fahrer Luftverlust des Reifens oder gar einen Plattfuß bemerken kann.

Hierbei gibt es zwei Ausführungen:

Die Reifenelektronik sitzt auf der Innenseite des Reifens und misst in kurzen

	Passiv	
Erklärung:	Platter Reifen hat einen kleineren Abrollumfang und dreht sich schneller. ABS Sensoren messen dies und das Steuergert erkennt dies	Jeder Reifen besitzt
Vorteil:	kostengünstig, in Kombination mit Ruflat Tyre eine optimale Lösung, da nur eine geänderte Software und Kontrolle erforderlich sind.	Exakte Messung
Nachteil:	schleichender Luftverlust der Räder an einer Achse wird nicht erkannt. Differenzen nur von größer 0,5 Bar werden nur während der Fahrt erkannt. Höherer Spritverbrauch durch zu niedrigen Luftdruck.	Teuer für

Table 2: [?]: Tabelle Eingliederung Aktiv und Passiv

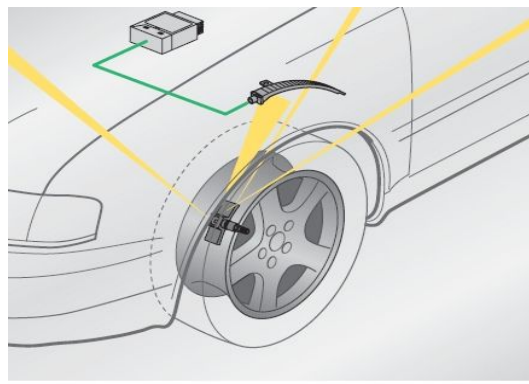


Figure 15: [?]: Abbildung: Einpflanzung des Chips in den Reifen

definierten Zeitabständen Reifendruck und Temperatur. Jeder Sensor ist mit einer eigenen ID- Nummer ausgestattet. Per Funkt werden die Daten an die eigene Empfangsstation Datenpakete geschickt, welche die ID, sowie Druck und Temperatur des Reifens beinhalten. Dieses Empfangsgert sendet die empfangenen Daten kabelgebunden weiter an das Steuergert. Dieses wertet die Daten aus und sendet bei Bedarf, sprich Unter- oder überschreitung einer der Daten, eine Meldung an die Kontrollanzeige.

5.2.9 Hallsensor

Einsatz von dem Hallsensor sind:

- Zndanlage
- Getriebeausgabedrehzahl
- Radlserkennung/- warnung (Audi)
- aktiver Drehzahlsensor in ABS- Bremsanlagen

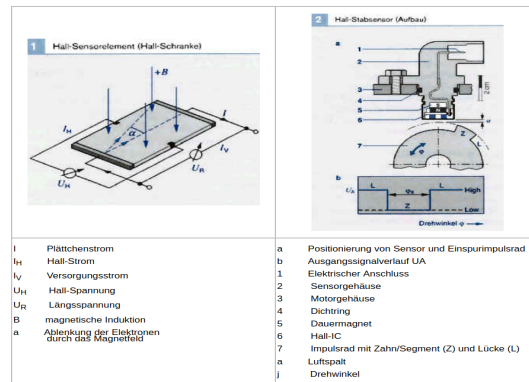


Figure 16: [?]: Abbildung: Aufbau des Hall- Sensors

- Nockenwelle (Koordination von Einspritzbeginnberechnung oder Pumpe- Dse, sowie Klopfregelung)

Am letzteren wird im Folgenden die Funktion des Sensors beschrieben.

Die Nockenwelle bringt einen aus ferromagnetischem Material angefertigten Rotor zum Drehen. Zwischen Rotor und einem Dauermagnet befindet sich der Sensor. Durch den Dauermagneten wird ein Magnetfeld erzeugt, welches den Sensor senkrecht durchfließt. Passiert ein metallischer Gegenstand, beispielsweise ein Zahn der Nockenwelle, verändert dieser das Magnetfeld, welches den Sensor durchfließt. Elektronen werden senkrecht zum Magnetfeld stärker abgelenkt, wobei eine Hall-Spannung von mehreren Millivolt erzeugt. Eine integrierte Auswertelektronik bereitet das Signal auf und leitet es an in Form eines Rechtecksignals an das Steuergert geleitet.

[?]

5.2.10 Rad- Drehzahlsensor

Dieser Sensor arbeitet auf dem Hall- Prinzip

Durch drei entsprechend angeordneten Sensoren kann die Drehrichtung des Rades erkannt werden. Ein entsprechend angeordneter Magnet (siehe Bild) ersetzen hierbei die Funktion der mechanischen Zahnrrder.

Aktive Sensoren: Dieser wird bereits mit Spannung versorgt und erzeugt aus dem wechselnden Magnetfeld ein Rechtecksignal und sendet diese unverändert an ein Steuergert.

Dies ermöglicht ebenso eine Geschwindigkeitsmessung von 0,1km/h. Diese Werte kann man zum Beispiel fr Einparkssysteme oder Navigationssysteme benutzen. [?]



Figure 17: [?]: Abbildung: Aufbau des Sensors

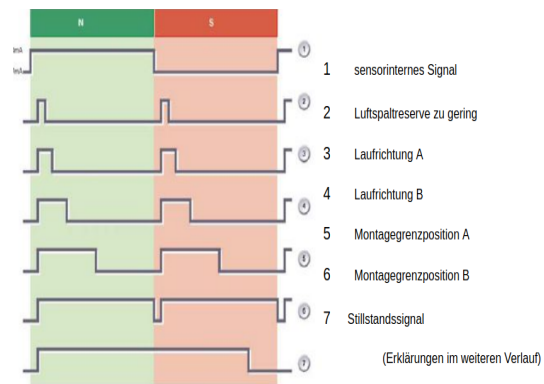


Figure 18: [?]: Abbildung: Signalverlauf des Sensors

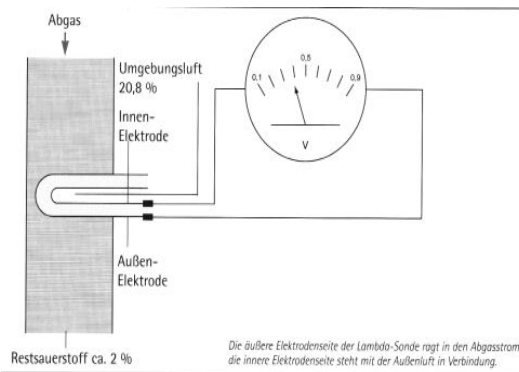
5.2.11 Lambdasonden

Dies dient prinzipiell zum vollständigen und ordnungsgemäßen Verbrennen des Luft-Kraftstoffgemisches. Das Verhältnis zwischen Luft und Kraftstoff wird als Lambdawert ($=\lambda$) bezeichnet.

$\lambda = 1$ heißt also, dass die zugeführte Luftmenge dem theoretischen Luftbedarf entspricht.” [?]

Herrscht ein Luftmangel (λ ca. 0.9, festes Gemisch) hat der Motor seine beste Leistung, herrscht Luftüberschuss ($\lambda=1.1$, mageres Gemisch) hat man den niedrigsten Verbrauch.

Zur Regelung der Gemischzusammensetzung wird die Abgaszusammensetzung mit Hilfe der Lambdasonde gemessen, welche erkennen, ob diese zu fettig oder zu mager sind. Es misst den Restsauerstoff, welcher nach der Verbrennung übrig bleibt.



[?]: Abbildung: Messprinzip von Lambdasonde

Der Sauerstoffgehalt der Außenluft dient als Referenzwert. Dieser Wert wird mit dem Restsauerstoffgehalt der Abgase verglichen. Die Sonde besteht aus einem Spezialkeramikkörper, deren Oberfläche gasdurchlässig ist. Der äußere Teil der Sonde steht mit dem Abgas in Verbindung, der innere beinhaltet frische Außenluft.

Die Sonde arbeitet nach dem Galvanischen Prinzip, nur dass sie keinen flüssigen sondern einen festen Elektrolyten besitzt. Ab einer Temperatur von etwa 350°C lässt der Keramikkörper den Sauerstoff durch, sperrt jedoch den Durchlass für Elektronen.

Sauerstoff ist im gasförmigen Zustand elektrisch neutral und der Festkörper lässt allerdings nur Sauerstoffionen passieren. Somit muss der Sauerstoff an der Referenzelektrode negativ aufgeladen werden, an der Messelektrode wieder entladen werden.

Durch die aufgenommenen Elektronen bildet sich auf der Innenseite der Sonde ein Elektronenüberschuss und auf der Außenseite ein Elektronenmangel, also insgesamt eine elektrische Spannung. Diese wird über Leitungen zur Auswertung zum Steuergert geleitet.” [?]

5.2.12 Airbagsensor

Zum Auslösen des Airbags werden mehrere Frontsensoren verwendet, welche an diversen Stellen im Auto angebracht sind. Die Beschleunigungssensoren messen einwirkende Kräfte und geben ein Signal an das Steuergert. Damit der Airbag nicht fälschlicher Weise geöffnet wird, muss ein Sicherheitssensor innerhalb des Steuergertes dies bestätigen. "Durch das genau Erfassen der Unfallschwere wird die Auslösung der Airbags und der Gurtstraffer aktiviert." [?]

Faktoren sind:

- Aufprallstärke
- Sicherheitsgurte angelegt
- Sitzposition des Fahrers und Beifahrers

5.2.13 Positionssensoren

Diese Sensoren sind an diversen relevanten Stellen des Automobils befestigt. Sie geben Aufschluss über die in der Nähe befindlichen Gegenstände.

Um diese erkennen zu können wird ein Ultraschallsensor eingesetzt, welcher ein Signal aussendet. Falls ein Gegenstand in der Nähe ist, reflektiert dieser die Schallwellen und ein Ultraschallempfänger erhält diese. Durch die Zeitdifferenz des ausgesendeten und des erhaltenen Signals kann die Entfernung errechnet werden. Kommt das Objekt näher, so verkürzt sich der Abstand und somit auch die Zeit des Eintreffens des Schalls.

Der Sensor sendet zu einem Zeitpunkt die Ultraschallwellen gesendet hat und als nächsten Schritt die reflektierten Signale. Aus dieser Differenz kann über physikalische Formeln der Abstand zwischen Auto und Gegenstand errechnet werden. Nähert sich das Auto einem Objekt, so verkürzt sich die Zeit zwischen den austretenden und empfangenen Schallwellen. Bei dem kleinsten zulässigen Abstand meldet das Steuergert dies der Kontrolleinheit und der Fahrer wird informiert.

Falls sich kein Objekt in der Nähe befindet wird auch kein Signal reflektiert und somit erkennt das Steuergert, dass keine Kollision stattfinden kann.



[?]: Abbildung: Darstellung Ultraschallsensor

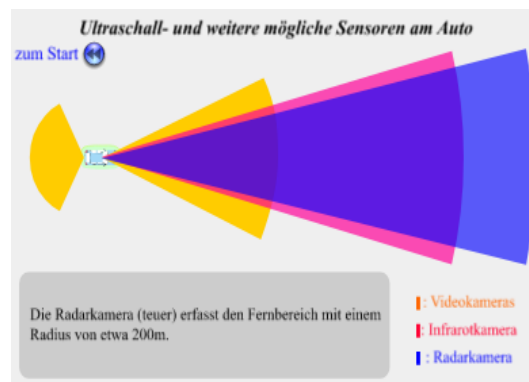
5.3 Smarte Sensoren

Unter smarten Sensoren versteht man, dass der eingebaute Sensor bereits schon eine eingebaute Recheneinheit und Logik integriert hat. Dieser kann neben dem eigentlichen Messen die eingelesenen Daten Verarbeiten und in diesem Zustand dem Steuergert bereichen. Dies hat den Vorteil, dass das Steuergert keine berflssigen Rechenschritte abarbeiten muss und somit mehr Rechenleistung fr das Reagieren auf besondere Ereignisse hat.

Diese knnen beispielsweise mitunter bei Feldbussystemen wie LIN, CAN, FLEX RAY eingesetzt werden.

5.4 Zukunftsvisionen

Durch das Weiterentwickeln der Sensortechnik knnen beispielsweise Unfle vermieden werden, da der Sensor eine deutlich schnellere Reaktionszeit aufweisen als ein Mensch. Ein Beispiel wre, das bestehende Positionssensorsystem durch eine neue Art der Messung zu ersetzen. Hierbei werden die Ultraschallsensoren durch so genannte Radarkameras ersetzt, welche einen deutlich weiteren Radius abdecken knnen, als die bisher herkmmlichen Sensoren.



[?]: Abbildung: Unterschied: Videokamera, Infrarotkamera und Radarkamera

Hier kann man eindeutig den Unterschied der Reichweiten der einzelnen Sensoren sehen.

Neben diesem Effekt kann man durch neue entwickelten Sensoren beispielsweise der Spritverbrauch und somit den Aussto an CO2 verringert werden.

Auch im Hinblick auf Elektromobilität wird es neue Sensoren geben, welche zur berwachung der Batterie eingesetzt werden muss, Ansteuerung der Rder usw.