

Überblick über die elektronischen Systeme von Fahrzeugen

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

14. Februar 2020

Abstract

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 in absehbarer Zukunft 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, weshalb diese Arbeit als Ausgangspunkt für eine nähere Beschäftigung mit dem Thema zu verstehen ist.

Contents

1 Vorwort

2 Vernetzung

Mit neuen Anforderungen an die Sicherheit und Effizienz, sowie einer Vielzahl von gewünschten Features für Komfort und Unterhaltung, zeichnet sich ein enormer Anstieg der in modernen Fahrzeugen verbauten ECUs ab [?]. Ein Großteil dieser Systeme und Steuergeräte ist voneinander abhängig. Zentral erfasste Signale werden von mehr als nur einem System benötigt und verarbeitete Signale, sowie berechnete Werte müssen zwischen zusammenhängenden Systemen vermittelt werden.

Mit einer herkömmlichen Verkabelung der einzelnen Komponenten wie zum Beginn der Automobilindustrie ist ein derartiges Wachstum nicht zu bewältigen. Neben Problemen wie erhöhtes Gewicht und Kosten einer solchen Verkabelung bietet ein solches System keine Composability [?]. Dies hat zur Folge, dass neue Teilkomponenten nicht in das Gesamtsystem integriert werden können ohne die Funktion weiterer Teilkomponenten zu beeinflussen. Somit ist eine modulare Zusammensetzbarkeit des internen Kommunikationsnetzwerkes eines Fahrzeugs nötig um die steigende Komplexität der verbauten Elektronik zu bewältigen [?].

Im Hinblick auf die erhöhte Komplexität der Elektronik und der daraus folgenden Anforderungen werden wir im Folgenden einen Überblick über die Topologie, Technologien und Netzwerkprotokolle, sowie die Unterteilung und Kopplung des internen Netzwerks eines Fahrzeugs bieten.

2.1 Topologie

Die Topologie eines Netzwerkes spiegelt die Anordnung der Knoten und Leitungen des Netzwerks wieder. Sie bildet ab in welcher Weise Daten zwischen den einzelnen Knoten ausgetauscht werden können. Je nach Anforderung an das Netzwerk werden unterschiedliche Topologien verwendet, welche einen weitreichenden Einfluss auf die Eigenschaften sowohl des Teilnetzwerks als auch des Gesamtsystems haben.

- **Ringtopologie:** Hier sind die Netzwerkknoten in einem Ringschluss verbunden. Der Zugriff auf das Medium erfolgt typischerweise sequentiell oder mittels eines Tokens. Es gibt sowohl unidirektionale als auch bidirektionale Ringstrukturen. Bei letzterem existiert ein gegenläufiger Ring, sodass beim Ausfall einer Station nicht das gesamte Netzwerk betroffen ist. FDDI etwa ist ein derartiger Dual-Ring.
- **Sterntopologie:** Bei dieser Topologie sind die einzelnen Knoten mit einem zentralen Knoten verbunden. Der Ausfall eines Links beeinflusst lediglich eine Station aber durch den zentralen Knoten existiert ein Single-Point-Of-Failure.
- **Maschentopologie:** Hierbei werden die Knoten des Netzwerks direkt miteinander verbunden. In einem vollvermaschten Netz besitzt jeder Knoten eine dedizierte Verbindung zu allen anderen Knoten im Netzwerk. Vorteile

hiervon sind hohe Ausfallsicherheit und schnelle Datenübertragung. Jedoch steigt die Anzahl der nötigen Verbindungen in einem vollvermaschten Netzwerk quadratisch mit der Anzahl der Knoten.

- **Bustopologie:** Bei dieser Topologie sind alle Knoten mit einem einzigen Übertragungsmedium verbunden. Fällt eine Station aus, so ist der Rest des Netzwerks nicht betroffen. Da mehrerer Stationen auf das selbe Medium zugreifen kommen entsprechende Zugriffsverfahren zum Einsatz. Vorteile sind etwa gerine Kosten und die einfache Erweiterung um neue Knoten.
- **Hybridtopologie:** Oftmals sind auch hybride Varianten der genannten Topologien anzutreffen. Beispielhaft ist eine Stern-Ring-Topologie denkbar, indem mehrere Ringe über einen zentralen Hub oder Switch verbunden werden.

2.2 Zugriffsverfahren

Für unterschiedlich verwendete Technologien und Anforderungen können verschiedene Zugriffsverfahren genutzt werden. Diese sind nötig um Kollisionen bei gleichzeitigem, schreibenden Zugriff durch mehrere Knoten eines Netzwerks auf ein Übertragungsmedium zu verhindern. Im Folgenden werden einige Möglichkeiten kurz dargestellt.

- **TDMA:** Time Division Multiple Access ist ein Verfahren bei dem die Zugriffszeit in Zeitslots unterteilt wird, welche den entsprechenden Stationen des Netzwerks zugeordnet werden. Dadurch können Kollisionen vermieden werden, da Knoten nur in den ihnen zugeteilten Zeitslots Signale senden. Bei geringer Auslastung ist ein derartiges Verfahren jedoch suboptimal, da die Gesamtzugriffszeit nicht effektiv ausgenutzt werden kann.
- **FDMA:** Frequency Division Multiple Access ist ein Multiplexingverfahren bei dem die verfügbare Bandbreite in nicht-überlappende Frequenzbereiche aufgeteilt wird, um das Senden von Daten durch mehrere Knoten zum selben Zeitpunkt zu ermöglichen.
- **CDMA:** Code Division Multiple Access ist eine Form von Multiplexing, welche es erlaubt das mehrere Teilnehmer gleichzeitig im selben Frequenzbereich senden können. Hierfür werden Spreizcodes verwendet, welche ermöglichen dass mehrere Stationen zur selben Zeit unterschiedlich codierte Daten senden können. Anhand dieser Codierung können die Datenströme bei Empfängern wieder getrennt werden.
- **Token Passing:** Hierbei handelt es sich um ein Zugriffsverfahren welches etwa bei Token-Ring oder FDDI zum Einsatz kommt. Die Sendeerlaubnis ist bei diesem Verfahren abhängig vom Besitz eines autoritativen Tokens, welches innerhalb des Netzwerks weitergereicht wird.

- **CSMA/CD:** Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection ist ein Zugriffsverfahren welches bei Ethernet Anwendung findet. Dabei lauschen teilnehmende Stationen auf dem gemeinsam genutzten Medium auf Übertragungen. Ist das Medium frei, können Daten gesendet werden. Hierbei lassen sich Kollisionen jedoch nicht vermeiden, sondern lediglich erkennen. Sobald während des eigenen Sendevorgangs weitere Signale ausgehend von einer anderen Quelle erkannt werden, wird die Übertragung abgebrochen. Anschließend wird ein Jam-Signal ausgesendet und eine gewisse Zeitspanne gewartet bevor der Prozess erneut beginnt (Lauschen auf Belegung des Mediums, Sendeversuch und Kollisionserkennung). Aufgrund der Etablierung von Switched Ethernet und der entstehenden kollisionsfreien Domänen wird CSMA/CD kaum noch benötigt. Im WLAN wird CSMA/CA verwendet.

2.3 Kommunikation

Die eigentliche Datenkommunikation in einem Netzwerk kann anhand der Adressierungsart sowie verwendeten Steuermechanismen unterschieden werden. So ist die am häufigsten vorzufindende Adressierungsart teilnehmerorientiert. Grundlage dieser Form des Datenaustauschs sind Knotenadressen, welche zusammen mit den zu übertragenden Daten die eigentliche Nachricht bilden [?]. Diese Form der Adressierung finden wir etwa bei Ethernet oder IP. Eine weitere Adressierungsart welche im Kontext des Automobils von Relevanz ist, ist die nachrichtenorientierte Adressierung. Hierbei werden nicht Empfänger, sondern die Nachrichten selbst adressiert, indem sich ein Identifier in den Nachrichten befindet, welcher den Nachrichtentyp kennzeichnet [?]. In diesem Fall benötigt der Sender keine Kenntnisse über Teilnehmer bzw. deren Adressen und jeder Empfängerknoten entscheidet selbstständig ob er eine Nachricht verarbeitet [?]. Später betrachtete Protokolle wie CAN, LIN und Flexray sind nachrichtenorientierte Protokolle.

Auch Anhand der Steuermechanismen kann die Kommunikation in Netzwerken unterschieden werden. Unterschieden wird zwischen ereignis- und zeitgesteuerten Systemen. Ereignisgesteuerte Bussysteme können aufgrund der inhärent fehlenden Synchronisation der Nachrichten und folglich entstehenden Kollisionen beim Zugriff auf den Bus überlastet werden, sollte die Anzahl der interagierenden Knoten zu hoch sein [?]. Besonders gut geeignet sind derartige Systeme für unerwartete Ereignisse, welche idealerweise ohne Latenz im Vergleich zu zeitgesteuerten Systemen übertragen werden können [?]. Beispielhaft hierfür sind jegliche Interaktionen eines Fahrzeugführers mit dem System. Bei erhöhten Anforderungen bezüglich der Sicherheit und Zuverlässigkeit eines Systems bieten sich wiederum zeitgesteuerte Systeme an [?]. Elektronische Brems- und Lenksysteme benötigen derartige zeitliche Zusicherungen.

2.4 Technologie

Nachdem wir einige grundsätzliche Aspekte und Terminologien bezüglich der Vernetzung und Kommunikation betrachtet haben, geben wir im folgenden

einen kurzen Überblick über verwendete Technologien und Netzwerkprotokolle, welche wir je nach Relevanz in einer späteren Sektion noch einmal aufgreifen und genauer betrachten werden.

2.4.1 Wired

Im folgenden geben wir einen Überblick über die am meisten verbreitetsten Netzwerkprotokolle in heutigen Fahrzeugen.

- **CAN** (Controller Area Network): CAN wird seit langer Zeit für den Großteil der Datenkommunikation in Fahrzeugen verwendet. Vorallem im Bereich des Antriebsstrangs, Chassis sowie den Systemen zur Kontrolle des Innenraums ist CAN als bevorzugte Netzwerktechnologie vorzufinden. CAN ist ein asynchroner serieller Bus-Standard, welcher Steuergeräte, Sensoren und Aktoren zu einem System verbindet. Es handelt sich um ein Multi-Master-Kommunikationsprotokoll, welches für Datenintegrität und Automobilapplikationen mit Datenraten von 1 MB/s geschaffen wurde. Vorteile dieser Technologie sind die geringen Kosten und hohe Zuverlässigkeit. Eingeschränkt ist die Technologie durch die geringe Bandbreite, weshalb Sie ungeeignet für Unterhaltung und Medienstreams ist [?].
- **LIN** (Local Interconnect Network): LIN ist ein asynchrones, single-master, multi-slave Netzwerkprotokoll, welches in Hinblick auf Kostenersparnis designed wurde. Eingesetzt wird LIN vor allem für Low-Speed-Kommunikation und stellt eine kosteneffiziente Alternative dar, um Motor und Sensoren innerhalb eines Fahrzeugs zu verbinden. Typischerweise kommt es bei der Elektronik des Innenraums zum Einsatz, wenn die Bandbreite von CAN nicht benötigt wird, wie z.B bei Türheber oder der Sitzanpassung. [?].
- **Flexray**: Flexray wurde als eine schnellere, zuverlässige aber auch teurere Alternative zu CAN entwickelt. Es handelt sich um ein Kommunikationsprotokoll mit einer Dual-Channel Datenrate von bis zu 10 MB/s für komplexere Kontrollsysteme innerhalb eines Fahrzeugs. Über die Dual-Channel Architektur kann die Zuverlässigkeit bei Anwendungen wie Brake-By-Wire gewährleistet werden [?].
- **MOST** (Media Oriented Systems Transport): MOST ist eine High-Speed Netzwerk Spezifikation, welche speziell für Übertragung von Medien wie Audio und Videosignalen geschaffen wurden. Es handelt sich dabei um einen seriellen Bus, der eine Ringtopologie verwendet [?].
- **Ethernet**: Als Standardtechnologie für drahtgebundene lokale Netzwerke spielt Ethernet eine kritische Rolle bei jeglicher Art von Kommunikation. Vorteile von Ethernet als Mittel zur Vernetzung gegenüber bereits genannten Technologien ist die deutlich höhere Bandbreite, Skalierbarkeit und Flexibilität [?].

2.4.2 Wireless

Als alternatives Mittel zur herkömmlichen kabelgebundenen Kommunikation zwischen den Komponenten eines Fahrzeugs existieren auch einige drahtlose Technologien. Diese können nicht nur zur Verbindung zwischen persönlichen Geräten des Fahrers mit dem Fahrzeug, sondern auch zur Verbindung der internen Systeme genutzt werden. Damit könnte ein Großteil der Sensoren, Aktoren und ECUs drahtlos verbunden werden.

- **WLAN:** Der Standard IEEE 802.11 wurde als drahtlose Alternative zu kabelgebunden High-Speed Netzwerken geschaffen. Auch im Automobil kann WLAN genutzt werden um persönliche Geräte wie Smart Phones, Tablets und Laptop mit dem Unterhaltungssystem des Fahrzeugs zu verbinden [?].
- **Bluetooth:** Bluetooth wurde für drahtlose Kurzstrecken-Kommunikation designed. Optimierte wurde die Technologie für Audiostreams und ist idealerweise für drahtlose Lautsprecher eines mobilen Audiosystems geeignet. Auch händefreies Telefonieren über eine Verbindung zum Smartphone ist bereits im Großteil der modernen Fahrzeuge über Bluetooth möglich. BLE (Bluetooth Low Energy 4.0) ermöglicht Verbindungen mit geringer Latenz, hoher Zuverlässigkeit und geringem Energieverbrauch, weshalb der Einsatz dieser Technologie zur Verbindung von Sensornetzwerken und ECUs im Innenraum, dem Antriebsstrang und Fahrwerk denkbar wären. Für kritische Systeme wie Brems- und Lenksysteme bleibt der Einsatz jedoch bedenklich [?].
- **UWB (Ultra-Wideband):** UWB ist eine Radiowellen Technologie für kurze Entfernung und hohe Bandbreite, welche als Alternative zu Wifi und Bluetooth gesehen werden kann.
- **Zigbee:** Zigbee ist ein kabelloser Standard, welcher auf dem Standard IEEE 802.15.4 beruht und Geräte mit geringerem Datendurchsatz und niedrigem Energieverbrauch in einem Mesh-Netzwerk verknüpft. Die Datenraten reichen bis zu 250 KB/s. Zigbee kann genutzt werden um ECUs, Sensoren und Aktoren in einem Fahrzeug zu verbinden.

2.5 Systemunterteilung

Mit dem Einzug einer Vielzahl neuer Systeme für die Unterhaltung, Navigation, On-Board Diagnostik, Augmented Reality (AR) Dashboards oder etwa Fahrerassistenzsysteme finden wir in aktuellen Top-Modellen bereits ca. 70 ECUs [?]. Mit steigender Anzahl und zunehmender Komplexität benötigen diese ECUs eine größere Bandbreite und geringere Latenz des internen Netzwerks [?]. Das Gesamtsystem lässt sich hierbei in die 4 Bereiche Powertrain, Chassis, Innenraum und Telematik unterteilen.

2.5.1 Powertrain

Der Antriebsstrang umfasst alle Komponenten welche für die Leistungserzeugung für den Antrieb verantwortlich sind. Dies umfasst den Motor, Getriebe, Antriebswelle, Räder etc. Von Relevanz sind hierbei etwa die Engine Control Unit oder das Powertrain Control Module. Auch Sensoren und Aktoren, etwa zur Erhebung und Regulation von Geschwindigkeit, Drehzahl, Ölstand, Zylinderdruck, Position, Stabilität sind hierbei miteinbegriffen [?]. Im Bereich des Antriebsstrangs stehen Echtzeitanwendungen im Vordergrund [?].

2.5.2 Chassis

Das Fahrwerk umfasst alle Komponenten, welche den Antriebsstrang und die Karosserie tragen. Bekannte Komponenten, die Teil des Fahrwerks sind, sind etwa Bremsen, Lenkung und Federung. Hier finden wir eine Vielzahl von Sensoren und Aktoren etwa für das ABS (Anti-Blockier-System) und ESP (Electronic Stability Program). Wie auch beim Antriebsstrang sind hohe Datenraten für das gewünschte Echtzeitverhalten nötig.

2.5.3 Innenraum

Der Innenraum setzt sich aus einer Reihe von Teilsystemen zusammen. Hierzu gehören die meisten Komfort-Systeme wie etwa Klimaregelung, Sitz- und Spiegelanpassung, Fensterheber, Beleuchtung, Anzeige, Scheibenwischer aber auch Zugangsberechtigung und Diebstahlwarneinrichtung [?]. Diese benötigen meist nur eine geringe Bandbreite und haben eine hohe Toleranz für zeitliche Verzögerungen.

2.5.4 Telematik und Infotainment

Dieses Teilsystem umfasst alle Schnittstellen zur Interaktion zwischen Mensch und verbauter Elektronik. So können etwa Informationen welche über Sensoren oder ECUs gewonnen wurden in einer interaktiven Weise dem Nutzer zu Unterhaltungszwecken dargestellt werden. Auch die Interaktion von Mobilgeräten zum Zwecke der Unterhaltung, Kontrolle oder Wartung von Systemen zählt hierzu. Beispiele wären Autoradio, Navigationssystem, Video- und Sprachanlage, Rückfahrkamera und Fahrerinformationssysteme. Meist benötigen diese Teilsysteme eine hohe Bandbreite, tolerieren aber einen gewissen Grad an Verzögerung.

2.6 Systemkopplung

Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen der Teilsysteme eines Fahrzeugs, etwa an Echtzeitverhalten, Zuverlässigkeit und Fehlertoleranz werden unterschiedliche Technologien und Netzwerktopologien mit entsprechenden Vor- und Nachteilen verwendet. Da diese Technologien meist nicht kompatibel zueinander sind, können Daten nicht ohne Weiteres zwischen diesen Teilsystemen ausgetauscht werden. In der Regel ist daher ein Gateway zwischengeschaltet, welches

Daten eines Protokolls einliest und das Format entsprechend des Zielsystems anpasst und weitersendet [?] [?]. Hierbei kann ein zentrales (Abb x) oder aber mehrere verteilte Gateways (Abb y) genutzt werden. In Abb x sehen wir einen beispielhaften Aufbau eines internen Netzwerks, verknüpft über ein zentrales Gateway. Aufgrund der Echtzeitanforderungen und Zuverlässigkeit wird in diesem Fall Flexray im Chassis-Teilsystem verwendet. Die Steuergeräte des Antriebsstrangs sind wiederum über ein CAN Bus der Klasse C (High-Speed-CAN) verbunden. Das System des Innenraums verwendet in diesem Fall CAN-B (Low-Speed-CAN), da die Echtzeitanforderung bei den Komfortfunktionen entfällt. Im Bereich der Telematik wird aufgrund der benötigten Bandbreite MOST eingesetzt. Einzelne Systeme welche die Bandbreite von CAN nicht benötigen, können mit LIN ebenfalls über das Gateway mit dem Gesamtsystem verknüpft werden. Abb y spiegelt einen Aufbau mittels mehrerer Gateways wieder.

3 Bussysteme

3.1 CAN

3.1.1 Anwendung

3.1.2 Topologie

3.1.3 Realisierung

3.1.4 Vor- und Nachteile

3.2 LIN

3.2.1 Anwendung

3.2.2 Topologie

3.2.3 Realisierung

3.2.4 Vor- und Nachteile

3.3 FlexRay

3.3.1 Anwendung

3.3.2 Topologie

3.3.3 Realisierung

3.3.4 Vor- und Nachteile

3.4 Automotive Ethernet

3.4.1 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.

3.4.2 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.

3.4.3 Vor- und Nachteile

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

3.5 MOST

3.5.1 Anwendung

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

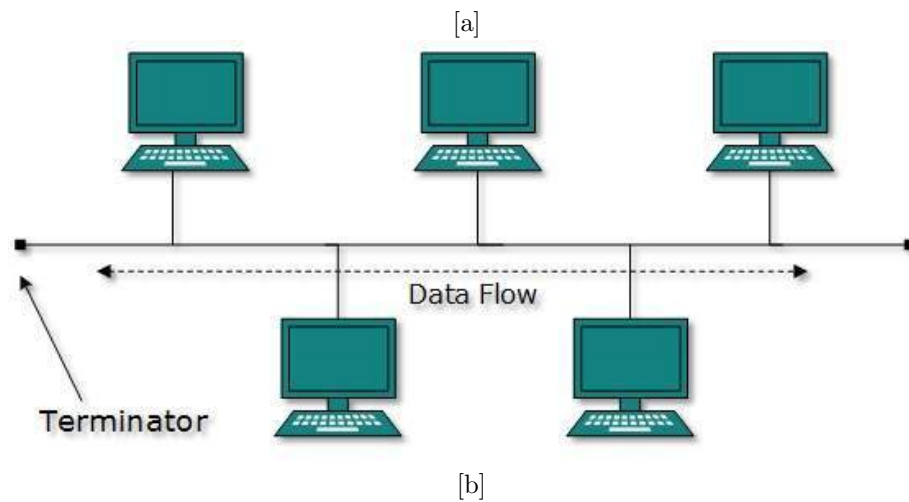
3.5.2 Topologie

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 den synchronen Kanälen 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 Überspringen eines Songs oder Eingabe ins Navi.

3.5.3 Realisierung

3.5.4 Vor- und Nachteile

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



TREE Topology

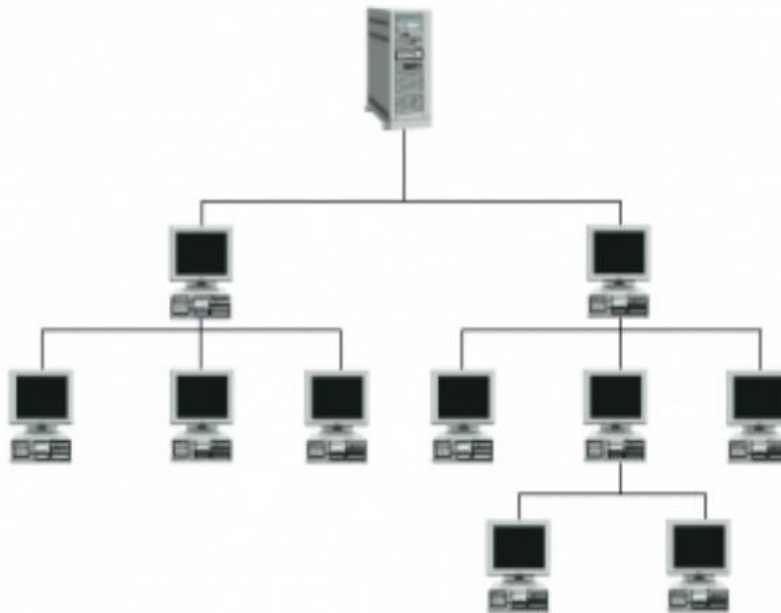


Figure 1: Ethernet Topologie

3.6 Bluetooth

3.6.1 Anwendung

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

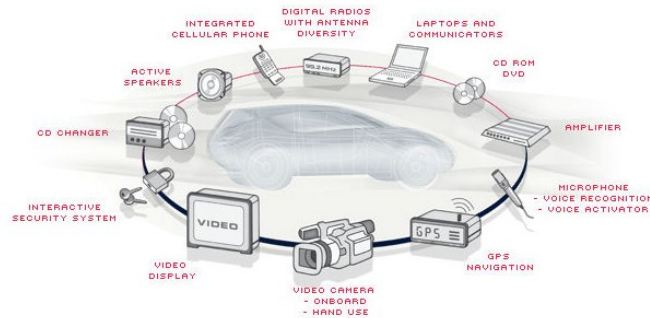


Figure 2: Abbildung 4.3

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

3.6.2 Topologie

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

Ein Piconet ist eine Ansammlung von mind. zwei Bluetooth-Geräten. Eines der Geräte übernimmt die Rolle des Masters und steuert die Kommunikation mit allen Slaves. Slaves können 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 höchstens für eines der Netze sein.

3.6.3 Vor- und Nachteile

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

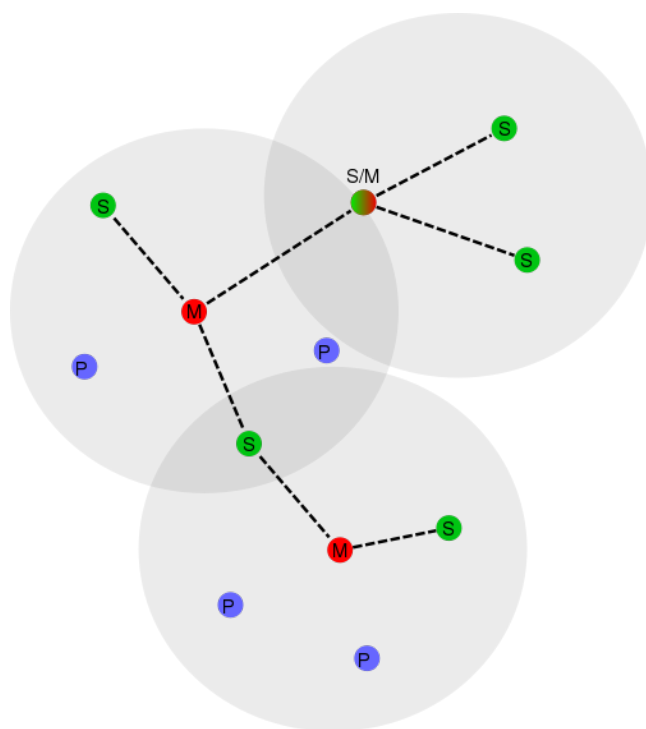


Figure 3: Abbildung 4.4

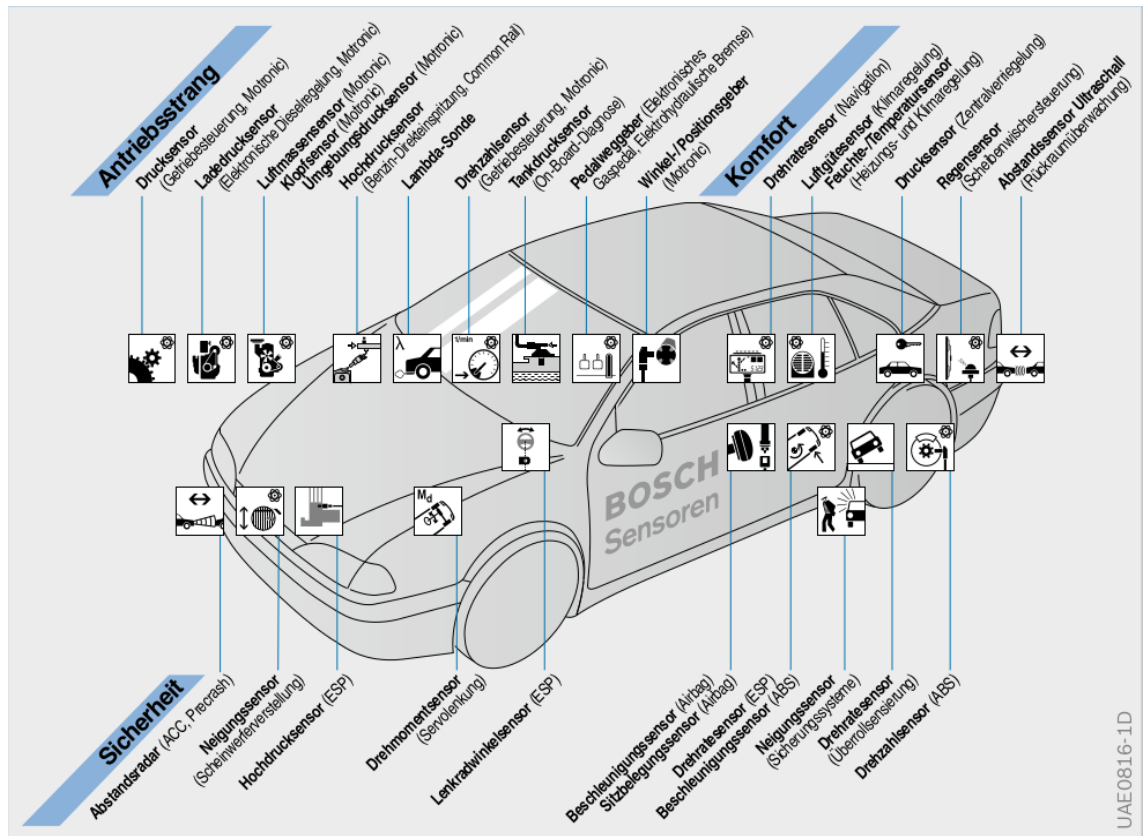


Figure 4: [?]: Übersicht der Sensoren im Automobil

4 Sensoren

4.1 Übersicht

In der vorliegenden Grafik (Fig.1) werden sämtliche Sensoren aufgezeigt:

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

4.1.1 Begriffsdefinition

Unter Sensor versteht man im allgemeinen eine

- Komponente
- Fühler
- Detektor

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

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

- Aufnehmer

welche eine physikalische Größe oder chemische Effekte durch messtechnische Verfahren aufnimmt und in ein analoges, elektrisches Signal konvertiert.

4.1.2 Arten

In folgender Tabelle (Table 1) 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 ihren 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 Sekundärelektronik genannt, welche es erlaubt, die Messung in elektrische Signale, also in Primärelektronik, umzuwandeln. Beispiele dazu wären eine Wägezelle, Dehnungsmessstreifen, Magnetfeldsensoren.

4.2 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 Fahrhilfssysteme. 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

- Kurzschlussbegin
- 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
- Säubern der Sensoren
- Messungen mit einem Messinstrument vornehmen wie:
 - Oszilloskop
 - Voltmeter
 - Amperemeter
 - Ohmmeter

Nun werden die Sensor peu à peu erörtert.



Figure 5: [?]: Abbildung: NTC

4.2.1 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 über diesem Bereich werden spezielle Hochtemperatursensoren (HTS) verwendet.

In der folgenden Abbildung (Fig. 2) 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:

- Katalysatorüberwachung
- Öltemperatur
- Klimaanlage
- Kühlwassertemperatur

HTS hingegen werden für:

- AGR
- Turbolader
- Rußfilter

eingesetzt.

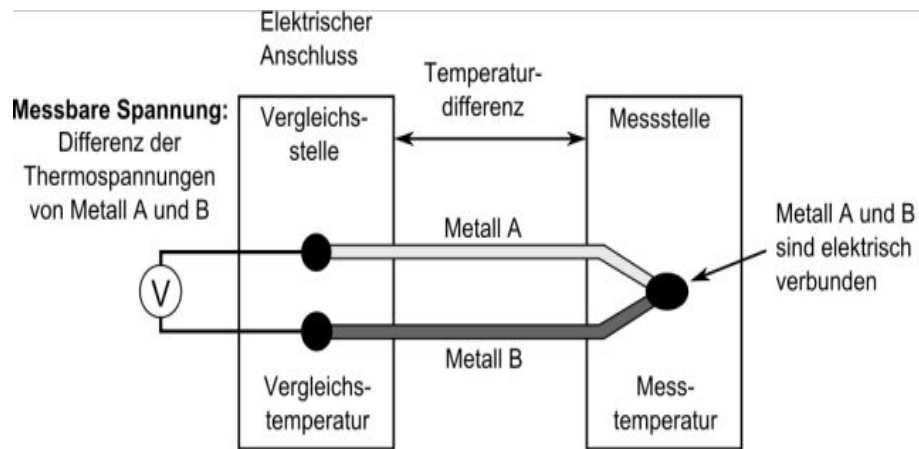


Figure 6: [?]: Abbildung: Aufbau NTC



Figure 7: [?]: Abbildung: Induktiver Sensor

4.2.2 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 erfüllt, reicht es nur den groben Aufbau zu kennen.

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

In der Abbildung (Fig. 5) ist der Sensor über einer Art Zahnrad, welches man Impulsrad nennt, angebracht.

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

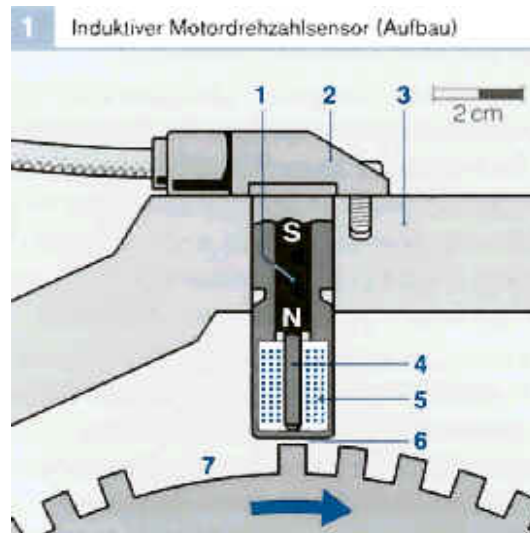


Figure 8: [?]: Abbildung: Induktiver Sensor

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 Weicheisenkern, 5 Induktionswicklung 6 Luftspalt, 7 Zahnlücken

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

4.2.3 Ölsensor

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

4.2.4 Lenkdrehmomentsensor

Um die Funktion des Servomoduls umsetzen zu können, benötigt das Steuergerät 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 Steuergerät sendet.

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

- 1. Magneto-resistives Prinzip: Mittels Eingangswelle, Torsionsstab/ Drehstab (eine stabförmige Feder, welche sich in axialer Richtung drehen lässt), Antriebswelle und einem magneto-resistivem Element.

Damit Leitungen zur Spannungsversorgung und Signalübertragung nicht beschädigt werden, sind diese in einer Vermantelung, welche auch als Wickelkassette bezeichnet wird.

(Fig. 6)

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 die über dem Widerstand anliegende Spannung. Diese Spannungssignale werden über die Signalleitungen an das Steuergerät 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

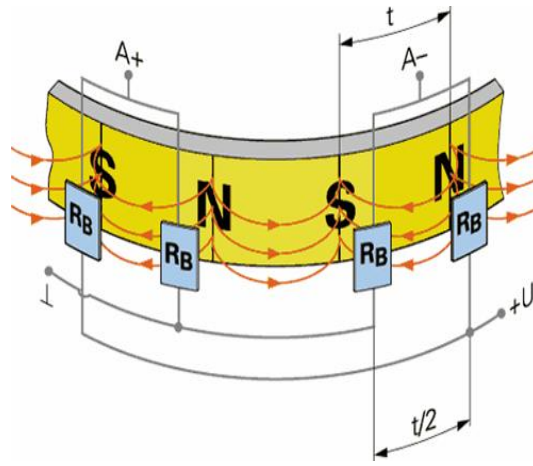


Figure 9: [?]: Abbildung: magnetoresistives Prinzip

Fotodiode.

Dreht sich also die Scheibe kommt es zu einem Wechsel der Stromstärke. Diese Impulse werden an das angebundene Steuergerät gesendet, welches aus diesen empfangenden Informationen die Berechnungen durchführt. (Fig. 7)

4.2.5 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 Fotodioden welche in einem bestimmten Abstand voneinander angebracht sind. Die Leuchtdiode sendet ein Infrarotlicht aus. Dieses Lichtbündel 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 Lichtbündel 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 Steuergerät weiter, welches wiederum die Scheibenwischer ansteuert. Somit bleibt die Oberfläche des Sensors immer tropfenfrei und es wird ein optimales Messergebnis erreicht. (Fig. 8)

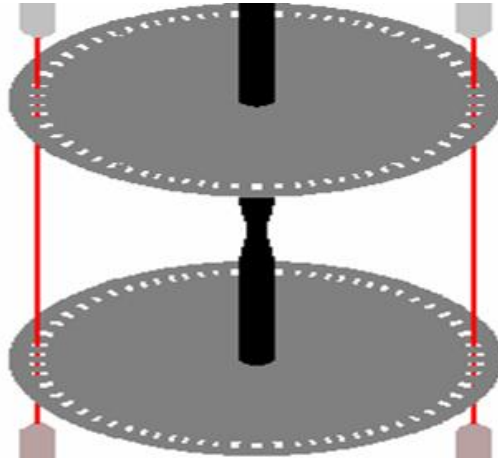


Figure 10: [?]: Abbildung: photooptisches Prinzip

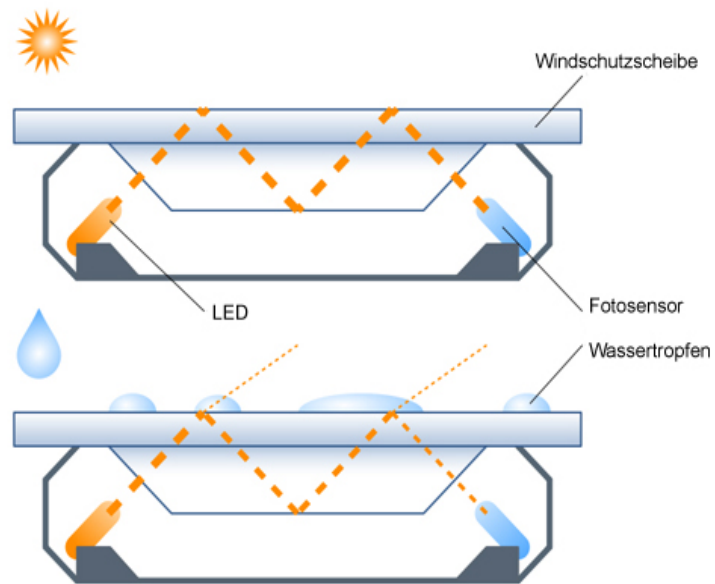


Figure 11: [?]: Abbildung: Regensensor Prinip

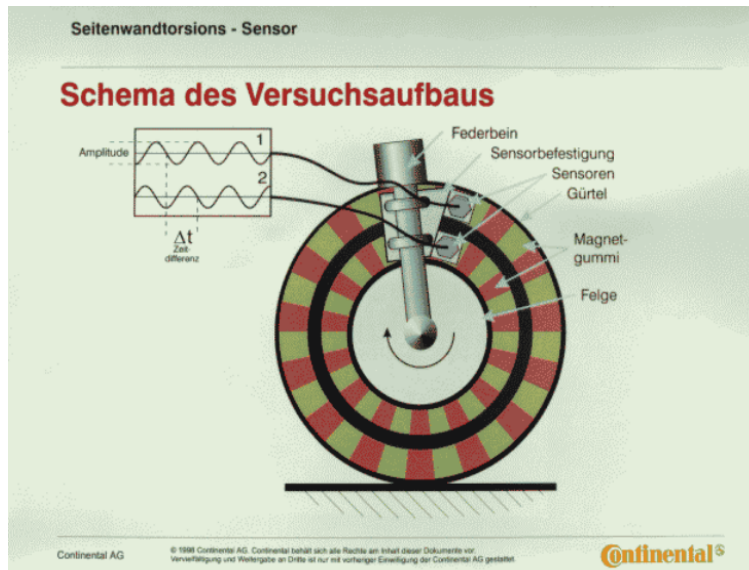


Figure 12: [?]: Abbildung: Reifen als Sensor

4.2.6 Seitenwandtorsionssensor

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

Elektronische Regelsysteme wie ABS oder ESP benötigen sämtliche Informationen über das Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und dem Fahruntergrund und den daraus entstehenden Kräften. Um die einzelnen Sekundärgrößen wie Motorleistung, Bremsdruck, Radgeschwindigkeit und Fahrzeugbeschleunigung zur Berechnung nicht mehr benutzen zu müssen, wurde von Continental ein Sensorsystem entwickelt, welches das Rad als Sensor fungieren lässt, das sogenannte SWT-System.

(Fig. 9) Der Reifen besteht aus Magnetgummi und den Magnetfeldsensoren, sowie einem Signalaufbereitungssystem und einer zentralen Recheneinheit.

Um die Funktionsweise verstehen zu können müssen erst einige Begriffe erörtert werden:

- Beschleunigen: Die Art des Kraftaufwandes, welche zum Bewegen des Fahrzeuges benötigt wird.
- Bremsen: Eine negative Beschleunigung, die entgegengesetzt der Fahrtrichtungsbeschleunigung, und somit mit entgegengesetzter Kraft wirkt.
- Längskräfte: Die Kräfte, welche beim Beschleunigen oder Bremsen auf den Reifen wirken.
- Querkräfte: Die Kräfte, welche "[...]quer zur Fahrtrichtung wirken und

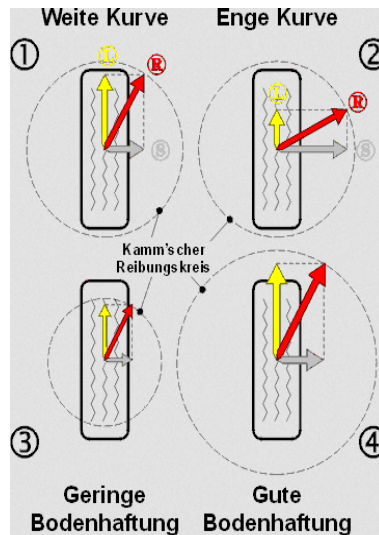


Figure 13: [?]: Abbildung: Zusammenspiel zwischen Längs- und Querkraft

bei Kurvenfahrt auftreten[...]. [?] Wird oftmals auch als Seitenkraft (S) bezeichnet.

- **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 übertragene Kraft auf den Fahruntergrund. (Fig. 10)

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." [?]

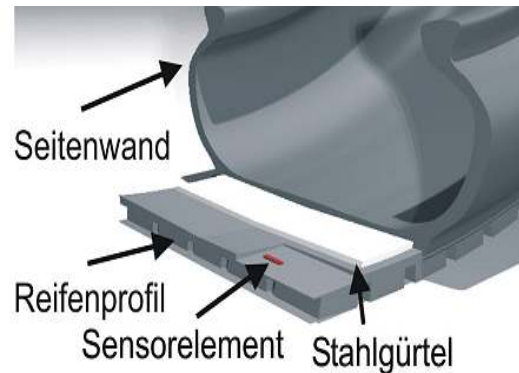


Figure 14: [?]: Abbildung: Einpflanzung des Chips in den Reifen

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 Steuergerät gesendet, welche die Fahrassistenzsysteme wie ASR und ABS anspricht und dementsprechend der derzeitigen Fahrsituation anpasst. Während einer Kurvenfahrt kann der Abstand zwischen der Reifenseitenwand und dem Sensor gemessen, da sich mechanisch gesehen der Abstand zwischen diesen verkürzt/ vergrößert wird und somit ändert sich ebenfalls die Stärke des Magnetfelds.

Mit Hilfe diesen gemessenen Werten können Hilffsysteme 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.

4.2.7 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.

(Fig. 11)

4.2.8 Reifendrucküberwachungssystem(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 RKDS zu implementieren. Hierbei wird jeder

	Passiv	
Erklärung:	Platter Reifen hat einen kleineren Abrollumfang und dreht sich schneller. ABS Sensoren messen dies und das Steuergerät erkennt dies	Jeder Reifen be
Vorteil:	kostengünstig, in Kombination mit Ruflat Tyre eine optimale Lösung, da nur eine geänderte Software und Kontrolle erforderlich sind.	Exakte Mess
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

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

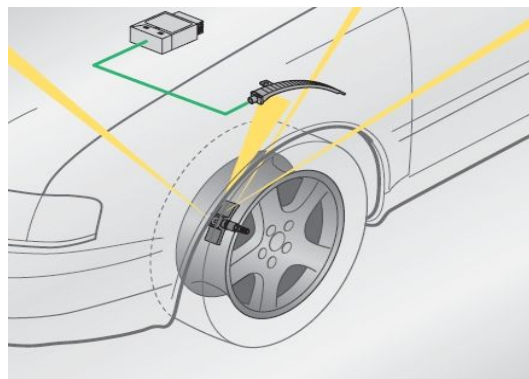


Figure 15: [?]: Abbildung: Einpflanzung des Chips in den Reifen

Reifen mit einem Sensor ausgestattet, damit der Fahrer Luftverlust des Reifens oder gar einen Plattfuß bemerken kann.

in der folgenden Tabelle (Table 2) sind prinzipiell zwei Ausführungen des Sensors aufgelistet:

Die Reifenelektronik sitzt auf der Innenseite des Reifens und misst in kurzen 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 Empfangsgerät sendet die empfangenen Daten kabelgebunden weiter an das Steuergerät. Dieses wertet die Daten aus und sendet bei Bedarf, sprich Unter- oder Überschreitung einer der Daten, eine Meldung an die Kontrollanzeige. (Fig. 12)

4.2.9 Hallsensor

Einsatz von dem Hallsensor sind:

- Zündanlage

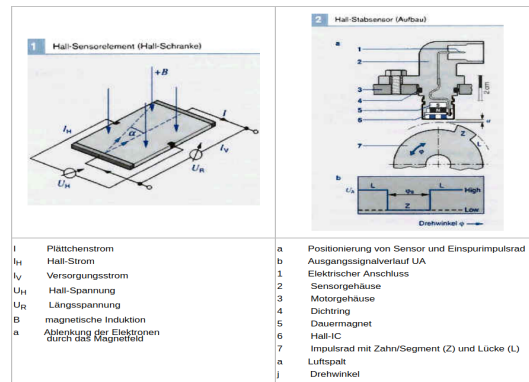


Figure 16: [?]: Abbildung: Aufbau des Hall- Sensors

- Getriebeausgabedrehzahl
- Radlöseerkennung/- warnung (Audi)
- aktiver Drehzahlsensor in ABS- Bremsanlagen
- Nockenwelle (Koordination von Einspritzbeginnberechnung oder Pumpe-Düse, 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 Auswerteelektronik bereitet das Signal auf und leitet es an in Form eines Rechtecksignals an das Steuergerät geleitet.

[?] (Fig. 13)

4.2.10 Rad- Drehzahlsensor

Dieser Sensor arbeitet auf dem Hall- Prinzip: (Fig. 14)

Durch drei entsprechend angeordneten Sensoren kann die Drehrichtung des Rades erkannt werden. Ein entsprechend angeordneter Magnet (Fig.15) ersetzen hierbei die Funktion der mechanischen Zahnräder.

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

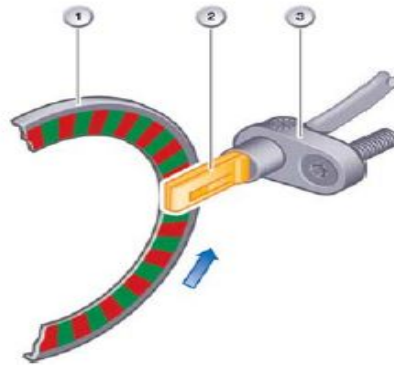


Figure 17: [?]: Abbildung: Aufbau des Sensors

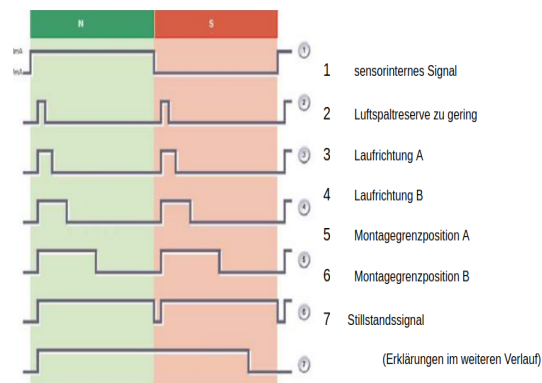


Figure 18: [?]: Abbildung: Signalverlauf des Sensors

Dies ermöglicht ebenso eine Geschwindigkeitsmessung von 0,1km/h. Diese Werte kann man zum Beispiel für Einparksysteme oder Navigationssysteme benutzen. [?] (Fig. 15)

4.2.11 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

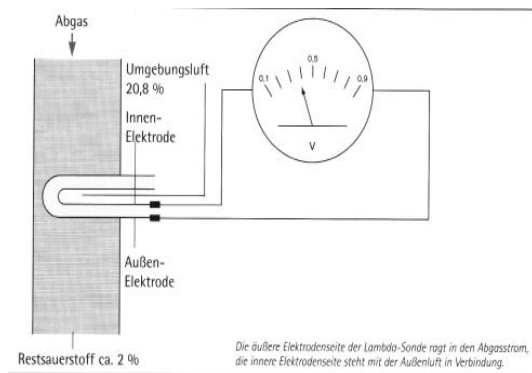


Figure 19: [?]: Abbildung: Messprinzip von Lambdasonde

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. (Fig. 16)

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 Steuergerät geleitet." [?]

4.2.12 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 Steuergerät. Damit der Airbag nicht fälschlicher Weise geöffnet wird, muss ein Sicherheitssensor innerhalb des Steuergerätes dies bestätigen. "Durch das genau Erfassen der Unfallschwere wird die Auslösung der Airbags und der Gurtstraffer aktiviert." [?]
Faktoren sind:

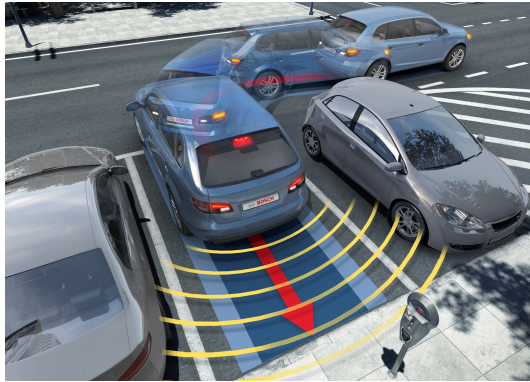


Figure 20: [?]: Abbildung: Darstellung Ultraschallsensor

- Aufprallstärke
- sicherheitsgurte angelegt
- Sitzposition des Fahrers und Beifahrers

4.2.13 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 erhaltenden 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 Steuergerät 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 Steuergerät, dass keine Kollision stattfinden kann. (Fig. 17)

4.3 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

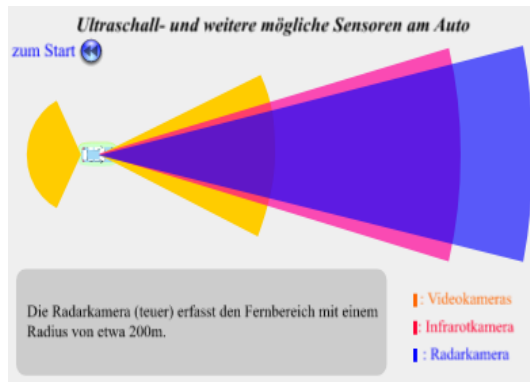


Figure 21: [?]: Abbildung: Unterschied: Video-, Infrarot- und Radarkamera

dem Steuergerät überreichen. Dies hat den Vorteil, dass das Steuergerät keine überflüssigen Rechenschritte abarbeiten muss und somit mehr Rechenleistung für das Reagieren auf besondere Ereignisse hat.

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

4.4 Zukunftsvisionen

Durch das Weiterentwickeln der Sensortechnik können beispielsweise Unfälle vermieden werden, da der Sensor eine deutlich schnellere Reaktionszeit aufweisen als ein Mensch. Ein Beispiel wäre, 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 können, als die bisher herkömmlichen Sensoren.

(Fig. 18)

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 Ausstoß an CO₂ verringert werden.

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

5 ECU / Steuergeräte

5.1 Einführung

Durch die immer neuen Fortschritte in der Technologie, werden die früher mechanisch realisierten Funktionen heutzutage elektronisch umgesetzt. Hierzu werden die "electronic control units" geschaffen. Mit "electronic control unit (ECU)" wird jedes Embedded System in einem Automobil gemeint. Dieses System kontrolliert jegliche elektrische Systeme oder Subsysteme im ganzen Fahrzeug, es ist sozusagen das Herzstück. Das ECU gibt Instruktionen und Anweisungen für viele Variaten von elektrischen System. Es übermittelt diesen Systemen Instruktionen, wie die einzelnen Systeme zu operieren beziehungsweise zu funktionieren haben. Neue Fahrzeug könne bis zu 80 ECUs besitzen, dies erhöht die Komplexität und dazugehörige Programmierarbeit für das Zusammenspiel aller ECUs. Ein Paar wichtige Steuergeräte sind hier zum Beispiel das BCM, PCM, GEM und die ECU. Um die ECUs vor ungewollter Korruption zu bewahren, werden diese geschützt.

5.2 Typen

5.2.1 Brake Control Module (BCM)

Zu dem Brake Control Module gehören Systeme wie ABS, TCS und ESC/ESP. Während diese Systeme früher nur in Luxusfahrzeugen zu finden waren, sind sie heute in fast jeder Fahrzeugklasse Standard.

Diese Systeme kontrollieren, wie der Name erkennen lässt, die Steuerung der Bremse.

- **ABS** (Antiblockiersystem) verhindert das bei einer Vollbremsung die Räder blockiert werden und der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verliert.
- **TCS** (Traction control System), ist für die Regelung der Räder bei rutschiger oder glatter Fahrbahn zuständig und soll das Durchdrehen der Räder verhindern, damit der Fahrer auch bei unvorteilhaften Umweltbedingungen ein Maximum an Fahrzeugkontrolle hat.
- **ESC** (Electronic stability control) / **ESP** (Elektronisches Stabilitätsprogramm) ist ein Sicherheitssystem zur Spur- und Stabilitätskontrolle des Fahrzeugs. Es soll als Unterstützung bei Ausweichmanövern oder beim Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug dienen. Zu diesem Zweck wird das Motor-momentum reduziert und sollte dies nicht ausreichen leitet das System einen aktiven Bremsvorgang ein.

5.2.2 Engine Control Unit (ECU)

Die ECU ist das zentrale Element des Motormanagement System bzw. des Motorsteuergeräts. Es verwaltet alle Komponenten, die für den Motor von Bedeutung sind, so zum Beispiel die Kontrolle des Brennstoff- und Luftzuflusses und die Zündung.

5.2.3 Powertrain Control Module (PCM)

Das Powertrain Control Module ist vergleichbar mit dem Gehirn des Menschen. Das Gehirn bei einem Menschen koordiniert die einzelnen Funktionen der verschiedenen Körperteile, sodass alle im Einklang und ohne Störungen kooperieren. Nach dem gleichen Prinzip übernimmt das Powertrain Control Module im Fahrzeug die Koordination der einzelnen Subsysteme für eine reibungslose Zusammenarbeit.

Diese reibungslose Arbeit kann das Powertrain Control Module durch die zahlreichen im Auto verbauten Sensoren bewerkstelligen.

5.2.4 Door Control Unit (DCU)

Die DCU befindet sich in der Innenseite der Fahrer- und Beifahrertüren und ist verantwortlich für die Kontrolle der Komponenten in der Tür, zum Beispiel der Zentralverriegelung, dem Fensterheber und der Seitenspiegelanpassung. Vereinfacht kann gesagt werden, dass alle türbezogenen Funktionen durch die Door Control Unit gesteuert werden.

5.2.5 Electric Power Steering Control Unit (PSCU)

Die PSCU sammelt Daten von den einzelnen EPS ("electronic power steering") Komponenten. Diese umfassen den EPS Motor, Getriebe und den Torque Sensor. Durch die Auswertung dieser Informationen kann das PSCU die Lenkaufgabe des Fahrers aktiv unterstützen. Die PSCU arbeitet unabhängig vom Motor und funktioniert somit auch bei ausgeschaltetem Motor.

5.2.6 Human-Machine Interface (HMI)

Die HMI Unit ist verantwortlich für die Bedienung und Interaktion zwischen Insassen und Fahrzeug. Sie besteht aus einer Hardware- und Softwarekomponente, die Eingaben von dem Benutzer in Signale umwandelt, die als Daten von weiteren Fahrzeugkomponenten verarbeitet werden können.

5.2.7 Seat Control Unit

Durch neue Technologie und Fortschritt haben neue oder luxus Autos ein Steuergerät für die Funktionen der Sitzeinstellungen. Durch dieses Gerät kann eine Vielzahl von Positionen eingestellt und kleine Anpassungen vorgenommen werden. Der Gedanke hinter dieser Einheit, ist zum einen der Komfort der eine große Rolle spielt und zum anderen die Sicherheit, die durch die richtigen Einstellungen gewährleistet wird. Beispiele für die Einstellungen sind die Winkel der Sitzlehne, Sitzhöhe oder Sitzweite.

5.2.8 Speed Control Unit (SCU)

Die Speed Control Unit oder auch Speed Control System besteht aus mehreren Teilkomponenten, die in der Zusammenarbeit verschiedene Aktionen ausführen

können. Aktionen die durch Daten von bzw. für das Speed Control System ausgeführt werden können sind das halten der Geschwindigkeit bei jedem Gelände oder das überschreiten einer zuvor festgelegten Geschwindigkeit. Bei beiden Aktionen werden Daten an das System gesendet und von diesem verarbeitet.

5.2.9 Telematic Control Unit (TCU)

Die TCU ist ein Steuergerät, mit die Position des Fahrzeugs bestimmt werden kann. Es kombiniert das Überwachungssystem, das Tracking System und die WLAN Kommunikation. Die Telematic Control Unit hat eine Entwicklung von der Bearbeitung, von Telekommunikation und Informationen hin zum Verbinden der GPS-Daten und WLAN Kommunikationen für die Unterstützung. Diese Einheit kann unter anderem benutzt werden, um Informatinen über das Radio oder das GSM module zu erhalten. Dieses Steuergerät bietet auch weiter wichtige Funktionen in den neuen Autosmobilen, hier gibt es die Verbindung des Autos zu der Cloud, Fahrer und Mitfahrer sicher zu halten und den Verkehrsfluss zu optimieren.

5.2.10 Transmission Control Unit (TCU)

Die Transmission Control Unit kontrolliert die Schaltvorgänge im Getriebe. Eine Software kontrolliert das Schalten zwischen den einzelnen Gängen und nimmt im gleichen Zug Anpassungen am Schaltverhalten vor, wobei diese Funktionalität auf Automatikgetriebe beschränkt ist. Diese Funktion kann Durch die Integration weiterer Komponenten kann die Transmission Control Unit das Fahrverhalten eines Fahrzeugs verbessern.

Zudem kann das Steuergerät das Schaltverhalten anpassen, falls ein Fahrer die Möglichkeit hat zwischen sportlichen und normalem Fahreinstellungen zu wählen.

5.2.11 Battery Management System (BMS)

Das BMS verwaltet wiederaufladbare Batterien, damit diese bemi Be- und Entladen nicht beschädigt werden und außerhalb ihrer Sicherheitszone arbeiten. Im Zusammenhang mit der Automobilbranche muss das BMS mit verschiedenen Komponenten zusammenarbeiten und in Echtzeit regelnd eingreifen können. Hier sind immer schnelle Ladungen und Entladungen durch das Bremsen und Beschleunigen vorhanden. Das BMS ist hier, wie erwähnt für die Gewährleistung der Sicherheit der Batterien.

5.2.12 Suspension Control Module (SCM)

Das SCM ist verantwortlich für die richtige Einstellung der Stoßdämpfer im Fahrzeug. Es sammelt Daten und Informationen passt die Einstellungen den Vorgaben gemäß an. Unter anderem soll dieses Modul das Fahrverhalten verbessern oder die aktuelle Karroseriehöhe insbesondere in Kurven beibehalten.

5.2.13 Body Control Module

Das Body Control Module ist zuständig für den elektrischen Zugriff, komfort- und sicherheit Features. Es wird in den Nutzfahrzeugen für Beleuchtung, akustische Signale oder Scheibenwischer verwendet.

6 Assistenzsysteme

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.

7 Ausblick

Neue Entwicklungsziele im Bereich des teil- und vollautonomen Fahrens stellen die elektronischen Fahrzeugsysteme vor neue Herausforderungen.

Die selbstständige Durchführung der Fahraufgabe durch ein elektronisches System oder die aktive Unterstützung eines menschlichen Fahrzeugführers bedingt eine umfangreiche Erfassung und Auswertung von Fahrzeug- und Umgebungsdaten. Zu diesem Zweck müssen die bisherigen Sensorsysteme um weitere Systeme erweitert werden, die optische Umweltdaten über Kameras liefern, Umgebungsscans mittels Radar, Lidar oder Ultraschall durchführen. [?]

Langfristig ist eines der Hauptziele der Industrie und des Rechtsgebers eine umfassende Vernetzung sämtlicher Entitäten, die am Verkehrsgeschehen aktiv oder passiv partizipieren zu einem intelligenten Transport System (ITS).

Ein solches ITS soll den Teilnehmern innovative Dienste anbieten, mit dem Ziel das Verkehrsgeschehen effizient zu verwalten und zu koordinieren sowie zusätzliche Sicherheit für alle Beteiligten zu bieten. [?]

Ein denkbare Szenario wäre zum Beispiel der aktive Austausch der Bewegungsdaten von Fahrzeugen im näherer Umfeld, um unnötige Brems- und Beschleunigungsvorgänge zu vermeiden, sowie die Übertragung von auslastungsspezifischen Geschwindigkeitsbegrenzungen von smarten Verkehrsschildern direkt an die Fahrzeuge. Auch die kontaktlose Erfassung und Verrechnung von nutzungsabhängigen Gebühren wäre denkbar und ist bereits im Einsatz.

Vorraussetzung, um ein solches ITS aufzubauen ist eine Standardisierung der verwendeten Protokolle und Technologien. Zu diesem Zweck gibt es auf nationaler und internationaler Ebene verschiedene Organisationen und Konsortien, die dieses Ziel seit mehreren Jahren aktiv vorantreiben.

7.1 Vehicle to Everything

Grundlage eines ITS ist die Vehicle to Everything Kommunikation, die das Fahrzeug als zentralen Punkt in den Kontext der unterschiedlichen Umgebungssysteme und Entitäten setzt. Dabei wird genauer unterschieden in die Teilbereiche:

7.1.1 Vehicle to Vehicle

V2V beschreibt die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander mit dem Ziel relevante Fahrzeugdaten z.Bsp. über Richtung und Geschwindigkeit auszutauschen. Desweiteren kann über V2V Kommunikation weitere sicherheitsrelevante Nachrichten aus anderen Teilbereichen weitergeleitet werden.

7.1.2 Vehicle to Network

V2N beschreibt die Vernetzung des Fahrzeugs mit dem Telekommunikationsnetz und der Cloud. Dadurch können über den rein lokalen Kontext hinaus Ressourcen genutzt und Daten geteilt werden. Ein Beispiel für eine solche V2N Anwendung, die bereits im Einsatz ist, ist die Integration von cloudbasierten Navigationslösungen wie Google Maps in das Fahrzeug.

7.1.3 Vehicle to Infrastructure

V2I (alternative Bezeichnung: Vehicle to Roadside) beschreibt die Vernetzung des Fahrzeugs mit der umgebenden Verkehrsinfrastruktur. Zum Beispiel könnten smarte Mautstationen automatisiert Fahrzeuge erfassen und abrechnen oder smarte Ampelanlagen könnten die Ampelzyklen in Abhängigkeit der Anzahl der jeweils wartenden Fahrzeuge anpassen, um den Verkehrsfluss zu optimieren.

7.1.4 Vehicle to Pedestrian

V2P beschreibt die Vernetzung des Fahrzeugs mit nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmern. Ziel ist explizit der Schutz dieser Verkehrsteilnehmer, die bei Unfällen einen inherenten Nachteil haben. V2P ist dabei jedoch allgemeiner zu verstehen und umfasst neben der aktiven Kommunikation der Entitäten auch die Erfassung von Fußgängern über rein fahrzeugseitige Sensorsysteme.

7.1.5 Vehicle to Device

V2D beschreibt die Kommunikation des Fahrzeugs mit elektronischen Geräten. Aktuelle Einsatzgebiete für diese Form der Kommunikation sind mobile Applikationen für Smartphones, mit denen Fahrzeugfunktionen von außerhalb gesteuert werden können. Aktuelle Beispiele sind die App von Tesla, mit der Fahrzeuge ausgeparkt werden können oder eine neue Entwicklung von Volvo mit der physische Schlüsseltechnologie durch eine mobile Smartphoneapp zuerst ergänzt und später dann ersetzt werden soll. [?]

7.1.6 Vehicle to Grid

V2G beschreibt die Vernetzung eines elektrischen Fahrzeuges mit dem Stromnetz mit dem Ziel die Batterien elektrischer Fahrzeuge als Speichermedien bidirektional in das Stromnetz zu integrieren.

7.2 ITS Technologie und Standardisierung

Aufgrund der heterogenen Landschaft an Fahrzeugherstellern, Infrastrukturbetreibern, Komponententechnologien und der Tatsache, dass die Möglichkeiten und Beschränkungen dieser neuartigen Technologien noch nicht ausgelotet sind wurde bereits früh ein konkreter Standardisierungs- und Normierungsbedarf erkannt.

Aus dieser Erkenntnis heraus sind die wichtigsten Standardisierungsorganisationen ISO, CEN, ETSI und SAE dabei Referenzarchitekturen und Protokolle zu entwickeln, die die Grundlagen der Weiterentwicklung der Technologie bilden. Da die Lebens- und Nutzungsspanne von Fahrzeugen mittlerweile bei 15 Jahren angelangt ist und in naher Zukunft bis zu 20 Jahren prognostiziert werden während gleichzeitig die Lebensspanne von Kommunikationsmedien immer kürzer wird liegt die grundlegende Schwierigkeit der Standardisierungsbemühungen darin, zukunftssichere Standards und Protokolle zu entwickeln, die von konkret verwendeten Kommunikationsmedien abstrahieren und sicherstellen, dass auch Fahrzeuge, die heute produziert werden auch in 20 Jahren noch ohne nennenswerte Einbussen der Funktionalität in die Verkehrssysteme integriert werden können. Da es für die Hersteller zudem nicht kosteneffizient ist, Fahrzeuge für regionale Märkte zu produzieren, müssen die Lösungen für ITS Systeme außerdem globale Einsatzmöglichkeiten bieten. Mit diesem Ziel hat die ISO mit der ISO 21217 2010 die CALM Referenzarchitektur formuliert, die eine schichtbasierte Lösung präsentiert, die die Applikationsschicht, in der die ITS Dienste bereitstellen und nutzen von der medienbasierten Kommunikation trennen.

Aufbauend auf dieser Referenzarchitektur existieren dann medienspezifische Konkretisierungen für die verschiedensten drahtlosen und drahtgebundenen Kommunikationsmedien. Die zwei wichtigsten Spezifikationen sind dabei die drahtlose Kommunikation auf der Grundlage von WLAN, die aufbauend auf der 802.11a Spezifikation im 802.11p Protokoll spezifiziert ist und das 3GPP Protokoll für eine drahtlose Kommunikation auf Basis von Mobilfunktechnologie.

7.2.1 IEEE 802.11p

Der IEEE 802.11p Standard, spezifiziert eine Erweiterung des IEEE 802.11 WLAN Standards, der die drahtlose Kommunikation in und mit Fahrzeugen ermöglicht. Diese Erweiterung war notwendig, da die Zeitspanne zur Kommunikation eines Fahrzeugs in Bewegung mit stationären Infrastrukturknoten oft nur sehr kurz ist, was prohibitiv für die komplexe Verbindungsaufbauphase bei klassischem WLAN ist. Daher ermöglicht 802.11p die direkte Kommunikation, ohne zuvor ein Basic Service Set zu etablieren.

Da dies jedoch bedeutet dass die kommunizierenden Stationen nicht assoziiert und nicht authentifiziert sind, müssen entsprechende Mechanismen in höheren Netzwerkschichten implementiert werden.

IEEE 802.11p bildet den Grundstein für die Dedicated Short Range Communication Technik, in Europa als ITS-G5 bezeichnet.

Neben der drahtlosen Kommunikation auf Grundlage von WIFI, ist besonders für die Vernetzung über längere Entfernung die Verwendung bestehender oder zukünftiger Mobilfunksysteme möglich.

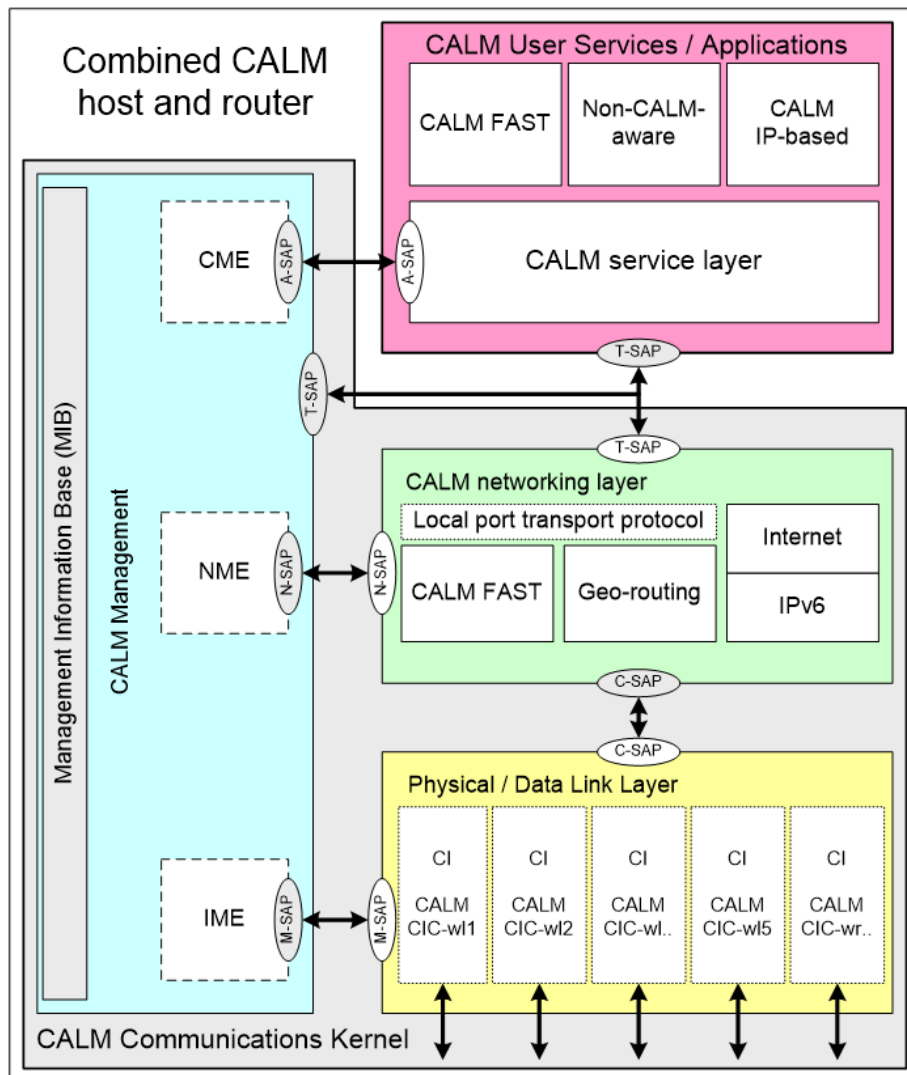


Figure 22: CALM Architektur [?]

7.3 Zusammenfassung und Fazit

Die Einbindung immer komplexerer elektronischer Systeme in Fahrzeugen hat die Entwicklung in den vergangenen 20 Jahren rasant vorangetrieben. Zum Teil veraltete Standards müssen überdacht und modernisiert werden.

Entwicklungen in der nahen Zukunft, die das Fahrzeug aus dem individuellen Kontext herauslösen und in ein holistisches vollvernetztes System integrieren mit dem Ziel erhöhter Sicherheit, verminderter Auswirkungen von Mobilität auf die Umwelt und der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Mobilitätskonzepte stellen eine Herausforderung an die Standardisierungsorganisationen, da die Zusammenführung und Kooperation heterogener Systeme zu einem vereinheitlichten Gesamtsystem nur auf Grundlage zukunftsfähiger Standards möglich ist.

Zudem bedeuten neue Antriebskonzepte wie Hybridmotoren oder rein elektrische Antriebe, dass sich die Landschaft elektronischer Fahrzeugsysteme weiter verändern wird. Viele Sensorsysteme zur Überwachung der mechanischen Motorkomponenten werden in elektrisch betriebenen Fahrzeugen obsolet, während neue komplexe Sensorsysteme, die teil- und vollautonomes Fahren ermöglichen, weiter Einzug in die Fahrzeuge halten.

Daher kann und soll diese Ausarbeitung nur ein Ausgangspunkt für eine weitere Erschließung des Themas in der gesamten Komplexität darstellen.