

Datenquellen und Sensorik im Bereich Automotive

Wolf Bauer

wolf.bauer@informatik.uni-oldenburg.de

Abstract: Assistenz- und Automationssysteme im Fahrzeug (AAF) unterstützen Fahrer z. B. bei der Führung eines Fahrzeugs. Ziel dieser Systeme ist dabei vornehmlich ein verbesserter Fahrkomfort sowie die Ressourcenschonung. Um dies zu erreichen müssen Informationen über das Fahrzeug und seine Umwelt erfasst werden, damit diese verarbeitet und ggf. darauf reagiert werden kann. Im Rahmen des StreamCars Projektes soll ein solches AAF auf Basis des DOMINION Forschungssystems und dem Datenstrommanagementsystem Odysseus entwickelt werden.

Diese Ausarbeitung gibt einen Überblick über Datenquellen und Sensoren in Fahrzeugen, die innerhalb dieses Projektes Verwendung finden können.

1 Einleitung

Im Automotivbereich werden Assistenz- und Automationssysteme im Fahrzeug (AAF) genutzt, um Fahrer bei der Führung ihres Fahrzeugs zu unterstützen. Durch solche Systeme wird versucht, den Komfort bei der Fahrzeugführung positiv zu beeinflussen und Ressourcen umfassend zu schonen. Ein noch wichtigeres Ziel dieser Anwendungen ist die erhebliche Verbesserung der Sicherheit im Straßenverkehr [Mau05].

Grundsätzlich erfassen diese Systeme die Umwelt eines Fahrzeugs bzw. das Fahrzeug selbst mittels bestimmter Sensoriken, verarbeiten diese Informationen und reagieren ggf. in geeigneter Form auf die erfassten Umstände [Mau05].

Beispiele klassischer Assistenzfunktionen sind ABS oder ESP. Diese Systeme begrenzen sich darauf, den Zustand eines KFZ und nicht dessen Umwelt aufzunehmen, um ggf. auf diesen zu reagieren. In neueren AAF wird versucht die Umwelt des Fahrzeugs, wie bspw. andere Autos oder Witterungsbedingungen, mit zu erfassen, um eine bessere Unterstützung des Fahrers zu erreichen. Dies geschieht mit einer Vielzahl verschiedener Sensoren, welche große Mengen an Informationen liefern [Mau05].

Die Informationen die durch die Sensoren registriert werden, können als kontinuierlicher Fluss von Daten betrachtet werden. Solche kontinuierlich auftretenden Daten werden auch als Datenströme bezeichnet. Im Allgemeinen ist die Verarbeitung bzw. Aufbereitung solcher Daten fest in Hard- bzw. Software eingebettet. So werden bspw. Datenbankmanagementsysteme zur Zwischenspeicherung der Daten verwendet [CHKS03, Rie08]. Ein anderer Ansatz der Verarbeitung von Datenströmen sind sog. Datenstrommanagementsysteme (DSMS) wie bspw. PIPES oder STREAM [JBG⁺09]. Ein weiteres DSMS ist das von der Universität Oldenburg entwickelte Odysseus. Bisher kommen solche DSMS bei AAF

kaum zum Einsatz.

Im Rahmen des Projektes StreamCars soll die Integration von Datenströmen und Sensordatenfusion untersucht werden. Dazu soll ein Prototyp entwickelt werden, der Odysseus mit der Entwicklungs- und Laufzeitplattform DOMINION vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zu einem System verknüpft. DOMINION ist ein System zur Integration von Hard- und Software unterschiedlicher Labore des DLR zur Evaluation von Schnittstellen von AAF. Diese Labore wurden entwickelt, da frühzeitige Prototypen bei der Entwicklung von AAF wichtig sind [SHG⁺10].

Diese Ausarbeitung vermittelt Grundlagen über Sensoren und Datenquellen im Automotivbereich. Hierbei wird eine Übersicht über Systeme gegeben, die im Projekt StreamCars ggf. Verwendung finden können. Zunächst werden Grundlagen über Sensoren und die Einbettung dieser in Systeme erläutert. Neben möglichen Klassifikationen von Sensoren wird speziell auf Anforderungen an Sensoren im Automotivbereich eingegangen. In den auf die Grundlagen folgenden Kapiteln wird schließlich genauer auf verschiedene Anwendungsgebiete und Sensortypen in Fahrzeugen eingegangen. Neben der Sensorik werden anschließend alternative Datenquellen vorgestellt, um die Ausarbeitung mit einer Zusammenfassung abzuschließen.

2 Grundlagen der Sensorik

Der Begriff Sensor leitet sich nach der Brockhaus Enzyklopädie vom lateinischen Begriff *sensus* ab. Übersetzt bedeutet dieser Sinn bzw. Wahrnehmung. Nach [Bro06] ist ein Sensor ein Funktions- bzw. Bauelement, welches physische, chemische oder elektrochemische Größen durch physische oder chemische Mittel registriert und in elektrische Signale umwandelt. Beispiele für solche physischen Messgrößen sind Beschleunigung, Abstand oder Zeit [Spr04].

Grundsätzlich kann zwischen natürlichen Sensoren, wie die für die menschlichen Sinnen genutzten Prozesse und Körperteile, und künstlich hergestellten Sensoren unterschieden werden [Fra03]. Eingesetzt werden diese künstlichen Bauteile hauptsächlich in der Steuerungs- und Messtechnik. Beispiele hierfür sind automatische Türöffner bzw. -schließer, Bewegungsmelder im Sicherheitsbereich oder auch Temperaturregelungen in Wohnungen [Bro06].

Ein Sensor ist dabei immer Teil eines Systems und wird nicht alleinstehend genutzt. In solchen Systemen liefern Sensoren Informationen über Gegebenheiten des Systems und dessen Umwelt. Diese Informationen können verarbeitet und analysiert werden, um ggf. auf die gemessenen Werte zu reagieren. Solche Reaktionen werden durch sog. Aktuatoren durchgeführt. Ein Aktuator kann als Gegenteil zu einem Sensor betrachtet werden, welcher elektrische Signale in Aktionen umwandelt [Fra03]. AAF sind solche Systeme, bei denen bspw. Regensensoren der Steuerungssoftware Informationen über Niederschläge liefern. Bei zu starken Regenfällen können Warnhinweise den Fahrer auf schwierige Bedingungen hinweisen.

2.1 Einteilung von Sensoren

Da es eine Vielzahl verschiedener Sensoren gibt und diese für unterschiedliche Ziele eingesetzt werden können, macht eine Einteilung von Sensoren nach bestimmten Kriterien Sinn. Im Folgenden sollen nun einige gängige Klassifizierungen beschrieben werden.

Grundsätzlich lassen sich Sensoren in passive und aktive Sensoren einteilen. Der Unterschied solcher Sensoren liegt in der Verwendung von Energiequellen und der Erzeugung des Ausgabesignals. Ein passiver Sensor benötigt keine Energiequelle, um ein Ausgabesignal zu erzeugen. Hier ändern sich die elektrischen Eigenschaften unter Einfluss der Messungen. Beispiele für solche Sensoren sind Fotodioden - Messung des Widerstands bezogen auf Beleuchtungsstärke - oder Dehnungsmessstreifen - Messung des Widerstands bezogen auf Längenänderungen [Fra03, Par07]. Im Gegensatz dazu benötigen aktive Sensoren eine zusätzliche Energiequelle. Die Sensoren wandeln das nichtelektrische Eingangssignal in ein elektrisches Ausgabesignal. Sie können auch als Energiewandler bezeichnet werden. Fotoelemente - Umwandlung Beleuchtungsstärke in Spannung - und Thermoelemente - Umwandlung Temperaturdifferenz in Spannung - können hier als Beispiele genannt werden [Par07].

Eine weitere Unterscheidung kann durch die Bezugsgrößen der Messung gemacht werden. Ein absoluter Sensor liefert bezogen auf eine physikalische Skala einen absoluten Wert. Diese Skala ist dabei unabhängig von den Umständen der Messungen. So liefert ein Thermistor immer einen absoluten Wert bezogen auf die verwendete Temperaturskala. Ein relativer Sensor erzeugt ein Signal, welches immer abhängig von dem speziellen Fall ist [Fra03]. D. h. dass die aktuelle Messung sich immer auf eine Referenzmessung bezieht. Ist diese nicht bekannt, können die aktuellen Messungen nicht interpretiert werden. Bei einem Thermoelement werden bspw. Spannungen gemessen, mit denen die gemessene Temperatur in Tabellen nachgeschlagen werden kann [Fra03].

Neben den zuvor genannten Klassifikationen können Sensoren nach deren Eigenschaften, dem verwendeten Material oder der gemessenen Größe eingeteilt werden [Fra03]. Eigenschaften von Sensoren sind bspw. die Genauigkeit und Geschwindigkeit der Messung oder die Größe und der Preis eines Sensors. Eine weitere Einteilung kann nach der Art der Umwandlung der Messgrößen in elektrische Ausgabesignale erfolgen. So können physische (bspw. fotoelektrische oder thermomagnetisch), chemisch (bspw. elektrochemische Prozesse) oder biologische (bspw. biochemische Transformationen) Effekte genutzt werden [Fra03].

Neben den naturwissenschaftlichen Klassifikationen können Sensoren auch nach dem Einsatzgebiet gruppiert werden. In dieser Ausarbeitung werden bspw. Sensoren für AAF vorgestellt. Im folgenden Kapitel werden nun Anforderungen solcher Sensoren näher erläutert.

2.2 Anforderungen an Sensoren in Fahrzeug

Nach [Mör09] kommt es bei der Auswahl von Sensoren für AAF neben der Funktion von Sensoren auf viele weitere Faktoren an. Diese richten sich nach Standards der KFZ-Branche und daraus abgeleiteten Regeln von Lieferanten und Konsumenten der Sensoren. Hieraus lässt sich auch die hohe Qualität der aktuell verfügbaren Sensoren ableiten. Diese ist besonders wichtig, da Sensoren eine hohe Bedeutung für die Gesamtsicherheit des Fahrzeugs haben. Sie liefern alle notwendigen Informationen für alle verwendeten AAF, welche die Fahrdynamik beeinflussen können. Neben der eigentlichen Funktion eines solchen Bauteils, gibt es zusätzlich allgemeine Anforderungen an Sensoren. Diese lassen sich wiederum in eine technische und kommerzielle Ebene aufteilen.

2.2.1 Technische Ebene

An die technischen Eigenschaften eines Sensors werden verschiedenen Anforderungen gestellt. Hierzu zählen alle physikalischen Größen, die bei Erfassung der Messgrößen berücksichtigt werden müssen. Weiterhin sollten Sensoren bestimmte elektrische Schnittstellen erfüllen, um Daten auch herstellerunabhängig austauschen zu können. Zusätzlich ist eine ausreichende funktionale Dokumentation der Bauteile erforderlich [Mör09].

Weitere Anforderungen ergeben sich an Formen und Größen von Sensoren. Diese ergeben sich aus den Konstruktionsvorgaben beim Fahrzeugbau und beeinflussen die Einbaumöglichkeiten der Bauteile. Hier lässt sich sagen, umso kleiner ein Sensor ist, umso einfacher kann ein solcher Sensor verwendet werden. Die möglichen Einbauorte eines Sensors sind besonders wichtig, da diese meist einen direkten Einfluss auf die Funktionalität bzw. Qualität der Messungen haben. Störungen können hier bspw. durch Stöße durch Türzuschlagen, Vibrationen durch den Motor oder Fahrbahnunebenheiten auftreten. Konstrukteure müssen bei der Auswahl des Einbauorts unter anderem auf Blechstärken, Radlager oder Achsaufhängungen achten [Mör09].

An Sensoren werden allerdings auch Anforderungen gestellt, die sich aus Gesetzen und Normen ergeben. Besondere Beachtung müssen hier Sicherheitsvorschriften finden, die sich aus den Funktionen von Sensoren ableiten [Mör09]. So dürfen Sensoren bspw. keine fehlerhaften Messwerte liefern aus denen Fehlinterpretationen und damit Gefahren entstehen können. Seit 2003 gilt für die Automobilindustrie die IEC 61508 für die funktionale Sicherheit von elektrischen Bauteilen. Diese Norm bezieht sich allerdings auf Einzelstücke bzw. Kleinserien, bei denen die Sicherheit durch externe Mechanismen minimiert wird. Dies ist für die Anwendung bei Fahrzeugen nicht ausreichend, da Automobile ein geschlossenes System bilden, bei dem Sicherheit durch interne Vorgänge sichergestellt werden muss. Weiterhin werden sie in Massenproduktion gefertigt [Sau10].

Die zur Zeit in der Normierung befindliche Norm ISO 26262 soll diese Probleme beheben. Diese explizit für die Fahrzeugindustrie erstellte Norm berücksichtigt auch den Entwicklungsprozess [Sau10]. Eingeplant werden muss auch, dass Sensoren oft mehrfach von verschiedenen Systemen im Auto genutzt werden. Je nach Signalabnehmer können die Ansprüche an die Signalqualität höher ausfallen. Neben den gesetzlichen Ansprüchen an die

Funktion eines Sensors, werden zusätzlich Anforderungen an die verwendeten Materialien und Hilfsstoffe gestellt. Diese müssen bestimmte umwelttechnische Aspekte erfüllen [Mör09].

Weitere Anforderungen an Sensoren ergeben sich aus klimatischen und dynamischen Aspekten während des Fahrzeugbetriebs. Für einzelne Sensoren müssen diese Belastungen bezogen auf ihren Einbauort definiert werden. Dies wird teilweise durch die ISO 16750 und Fahrzeughersteller beschrieben. Durch bestimmte Grenzwerte soll erreicht werden, dass ein Sensor über den gesamten Lebenszyklus korrekt funktioniert [Mör09]. Beispiele für solche Werte sind Temperaturen oder Feuchtigkeit am Einbauort. Bei der Auswahl eines Sensors müssen auch Sonderfälle wie ein fehlerhafter Einbau berücksichtigt werden.

2.2.2 Kommerzielle Ebene

Neben der technischen Ebene muss bei der Sensorwahl auch die kommerzielle Ebene betrachtet werden. Als Basis für Lieferverträge gelten hierbei die technische Dokumentation, eine Beschreibung aller Anforderungen, die erfüllt werden, und ggf. Abweichungen für bestimmte Bereiche. Die wichtigsten Punkte, die beachtet werden müssen, sind die Qualität, Liefermenge, Nachliefervereinbarungen, Verpackungen und das Änderungswesen [Mör09]. Mit Änderungswesen ist die Anpassung der Anforderungen an den fortschreitenden Entwicklungsprozess gemeint. D. h. dass sich bei der Entwicklung von Fahrzeugen die Anforderungen an einen Sensor ändern können. Wichtig ist hierbei, dass ein Lieferant gewählt wird, der mit diesen Änderungen umgehen kann.

3 Sensorik in Fahrzeugen

Ein Sensor ist ein Gerät, welches eine physikalische Messgröße durch bestimmte Verfahren aufnimmt und in sinnvolle elektrische Ausgabesignale umwandelt. Diese Signale können von Systemen genutzt werden, um Informationen über ihre Umwelt zu erfassen und um ggf. auf diese Informationen zu reagieren. Neben vielen Einteilungen können Sensoren nach ihrem Einsatzgebiet gruppiert werden. Ein solches Gebiet ist die Fahrzeugtechnik in welcher AAF viele Sensoren nutzen, um ihre Umgebung wahrzunehmen. Bei der Auswahl der richtigen Sensoren müssen Fahrzeug- und Sensorhersteller neben der eigentlichen Funktion der Sensoren viele weitere Anforderungen an diese beachten. So spielen Einbauort, Gesetz und Normen, Material-, Umweltanforderungen und kommerzielle Aspekte eine Rolle. In den folgenden Kapiteln wird nun ein Überblick über Sensoren, die in Fahrzeugen verwendet werden können, gegeben.

3.1 Fahrdynamik-Sensoren

Die Dynamik beschäftigt sich mit Bewegungen von Objekten unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden Kräfte [Eic07]. Die Fahrdynamik befasst sich im Speziellen mit

der Bewegung von Landfahrzeugen wie Kraftfahrzeugen. Fahrdynamik-Sensoren messen demnach bspw. Geschwindigkeit, Beschleunigung, Stabilität, Drehbewegungen, Verzögerungen oder Bremskräfte von Fahrzeugen. Als einheitlichen Maßstab ist international die Achse in Fahrtrichtung als x-Achse, die Querrichtung als y-Achse und die z-Achse zur Fahrzeughöhe als Bezug für alle Sensoren definiert [Mör09].

3.1.1 Raddrehzahl

Mit Hilfe der Raddrehzahl werden die Radgeschwindigkeit, Radbeschleunigung und die Radrichtung erfasst. Mittels dieser Daten können Reibwerte der Räder oder auch die Fahrzeuggeschwindigkeit ermittelt werden. Die Raddrehzahl dient vornehmlich als Basis zur Fahrzeugverzögerung und Verbesserung der Fahrzeugstabilität [Mör09, GB02]. So kann bspw. ein Durchdrehen oder Blockieren der Reifen erfasst werden. Zudem können die Daten zur Berechnung der zurückgelegten Wegstrecke verwendet werden [GB02]. Zur Messung der Raddrehzahl können aktive und passive Sensoren verwendet werden. Allerdings haben aktive die passiven Sensoren fast vollständig verdrängt. Passive Sensoren werden wegen der Achskonstruktionen fast nur noch in Nutzfahrzeugen eingesetzt [Mör09].

Die passiven Sensoren basieren hierbei auf der elektromagnetischen Induktion. Bei der Induktion entsteht durch Änderungen eines elektromagnetischen Feldes eine Spannung entlang einer Leiterschleife [Spr04]. Um dies auszunutzen, ist bei induktiven Drehzahlsensoren an einem metallischer Stift, welcher mit einer Spule umgeben ist, ein Dauermagnet befestigt. Direkt unter dem Stift befindet sich ein fest mit der Radnabe verbundenes Zahnrad, das auch Impulsrad genannt wird. Wichtig ist hierbei, dass das magnetische Feld des Stifts bis in das Zahnrad reicht. Durch den Wechsel zwischen Lücke und Zahn des Impulsrads verändert sich der elektrische Fluss im Stift und der Wicklung, wodurch eine Spannung in der Wicklung induziert wird. Die Spannung, dessen Frequenz und Amplitude proportional zur Raddrehzahl ist, kann gemessen werden [GB02]. Problematisch ist hierbei, dass die Spannung erst ab einer gewissen Geschwindigkeit erzeugt wird.

Bei aktiven Messgebern werden anstelle des Impulsrads andere Magnete verwendet. Hier kann bspw. ein Multipolring, bei dem sich die Polarität ständig abwechselt, eingesetzt werden [GB02]. Solche Ringe können direkt in Dichtungsringe integriert werden, was eine sehr kompakte Bauweise zulässt. Durch magnetoresistiven Widerstände kann das wechselnde Magnetfeld als Sinussignal erkannt werden. Dieses wird durch eine Elektronik in ein digitales Signal gewandelt und als Stromsignal weitergeleitet [Co.09].

3.1.2 Lenkradwinkel

Mittels Lenkradwinkel wird gemessen, welche Lenkwünsche vom Fahrer ausgehen. Es wird ein absoluter Winkel erfasst, der sich normalerweise auf die Geradeausfahrt als Basis bezieht [Mör09]. Die Messung des Lenkradwinkels wird genutzt um bspw. die Fahrstabilität mittels ESP zu erhöhen. Grundsätzlich sind alle möglichen Winkelsensoren zur Messung geeignet. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass ein Lenkrad normalerweise um $\pm 720^\circ$ gedreht werden kann. Winkelsensoren können meist nur einen Winkel von 360° abdecken, was eine Speicherung des aktuell gemessenen Winkels erfordert [GB02].

Bosch bietet eine mögliche Lösung für Lenkradwinkelsensoren an. Bei diesen sind zwei Zahnräder mit jeweils einem Magnet an der Lenkradsäule angebracht [Mör09]. Durch die Drehung der Magnete werden Widerstände in gegenüberliegenden Elementen proportional zum Winkel geändert. Die entstehenden Spannungsänderungen können gemessen werden. Die Messzahnräder haben jeweils unterschiedliche Besetzungen und drehen sich somit unterschiedlich schnell. So werden zwei unterschiedliche Winkel erfasst, aus welchen ein Gesamtwinkel berechnet wird. Zusätzlich lässt sich aus den Daten die Lenkraddrehgeschwindigkeit ermitteln [Rob01].

3.1.3 Drehratensignal und Beschleunigung

Um eine eindeutige, räumlich dynamische Beschreibung des Fahrzeugs zu bestimmen, werden Drehraten- und Beschleunigungssensoren eingesetzt. Diese ermitteln die Drehung des KFZ um alle Achsen sowie die dazugehörigen Quer-, Längs und Vertikalbeschleunigungen [Mör09].

Zur Messung von Kurvenfahrten also der Drehbewegung des Fahrzeugs zur z-Achse werden bspw. Piezoelektrischer Sensor eingesetzt. Hier werden an einem Becher im Umfang acht Piezokristalle angebracht. Diese Elemente erzeugen beim Einwirken einer Kraft eine elektrische Spannung oder führen umgekehrt durch Anlegen einer Spannung eine mechanische Bewegung aus [Ban02, NR09]. Der Becher wird nun zum Schwingen gebracht, so dass die Schwingungsbäuche bei keiner Drehung des Fahrzeugs eine bestimmte Position haben. Durch eine Drehung werden diese Schwingungen beeinflusst. Diese werden durch die Piezokristalle korrigiert. Mit Hilfe der anliegenden Korrekturspannung kann die Drehrate berechnet werden [Rei08].

Auch zur Messung der Beschleunigung können Piezoelemente verwendet werden. Um bspw. Airbags auszulösen werden sog. Piezo-Biegeelemente eingesetzt. Diese bestehen aus zwei piezoelektrischen Schichten. Bei einwirkenden Beschleunigungen staucht sich die eine und dehnt sich die andere Hälfte. Die auftretenden Biegespannungen können gemessen und verstärkt werden. Zur Fahrzeuglängs- und Fahrzeugquerbeschleunigung können hingegen Sensoren genutzt werden, die auf dem Hall-Effekt basieren [GB02]. Dieser beschreibt das Auftreten einer elektrischen Spannung in einem stromdurchflossenen Leiter, welcher sich in einem Magnetfeld befindet [Ban02].

3.1.4 Bremsdruck

Zur Unterstützung der Fahrzeugstabilität ist es sinnvoll, den Bremswunsch des Fahrers messen zu können. Dies ist bspw. bei ABS oder ESP notwendig, um ggf. Korrekturen durchführen zu können [Mör09]. Sensoren zur Druckmessung verfügen oft über eine Membran und mehrere mit dieser verbundene Dehnungsmessstreifen. Bei Bremsdrucksensoren besteht diese Membran meist aus Stahl, um der Bremsflüssigkeit widerstehen zu können. Durch anliegenden Druck wird die Membran verformt und in Folge dessen erfahren auch die Messstreifen eine Formänderungen. Diese verändert wiederum die Widerstände der Streifen. Nun kann eine Spannung gemessen werden, die eine gute Näherung des anliegenden Drucks liefert [Rei08].

3.2 Ultraschallsensorik

Die Ultraschallsensorik wird in vielen verschiedenen Anwendungsgebieten wie der medizinischen Diagnostik oder in Werkstoffprüftechniken eingesetzt. In der Fahrzeugtechnik ist der Einsatz solcher Sensoren relativ neu. Hier wird diese Art der Sensorik hauptsächlich bei Einparkhilfesystemen genutzt [NR09].

Grundsätzlich werden wie bei Drehratensensoren die Eigenschaften von Piezoelementen ausgenutzt. Durch Deformation dieser durch elektrische Felder können Schwingungen erzeugt bzw. umgekehrt durch Deformation der Kristalle Schwingungen registriert werden. Damit können Piezoelemente zum Aussenden und Empfangen von Schall genutzt werden. Allerdings reichen die Elemente alleine nicht aus, um genug Schall zu erzeugen bzw. aufzunehmen. Deshalb wird der piezoelektrische Effekt mechanisch verstärkt. In der KFZ-Technik werden hierfür die Piezokristalle auf den Boden eines Aluminiumkörpers geklebt. Die Änderungen der Kristalle übertragen sich so auf den Körper bzw. umgekehrt. Die Sensoren werden meist bündig in Stoßdämpfern integriert. Wichtig bei der Konstruktion ist, dass die Membran möglichst vom restlichen Fahrzeug entkoppelt ist, um Störungen vorzubeugen [NR09].

Bei dem sog. Puls/Laufzeitprinzips basiert die Messung von Entfernungen auf dem Aussenden eines Schallsignals und dem Registrieren eines Echosignals. Auf Basis der Schallgeschwindigkeit in der Luft kann so die Entfernung zu dem reflektierenden Objekt berechnet werden. Wichtig bei der Berechnung ist, dass die Eigenschaften wie die Temperatur der Luft mit in die Berechnungen integriert werden. Um Messungenauigkeiten zu vermeiden, werden zudem mehrere Schallsensoren parallel eingesetzt. Bei der Berechnung der Entfernung verwenden die einzelnen Sensoren nicht nur das eigene Echosignal, sondern auch die Signale ihrer jeweiligen Nachbarn [NR09].

3.3 Radarsensorik

Das ursprünglich aus der Militärtechnik stammende Radio Detection and Ranging (Radar) wurde erstmals Ende der Neunziger serienmäßig in der Automobilbranche genutzt. Verwendet wurde es hier in der Geschwindigkeitsregelung ACC [Win09]. In Fahrzeugen dienen Radarsensoren bspw. zur Entfernungsmessung oder als Basis zur Berechnung von Relativgeschwindigkeiten zu anderen Objekten [Rei08].

Grundsätzlich basiert die Technik hierbei auf dem Senden und Empfangen von elektromagnetischen Wellen. Der Sensor sendet hierzu die Wellen ab, welche von Oberflächen zurückgeworfen werden und durch den Sensor ausgewertet werden können. Aus der Dauer der Reflektion kann nun die Entfernung zum Objekt berechnet werden [Rei08]. Um diese Dauer messen zu können müssen die Wellen gekennzeichnet werden. Dies wird als Modulation bezeichnet während das Wiedererkennen und zeitliche Zuordnen als Demodulation bezeichnet wird. Im Automobilbereich werden meist Amplituden- oder Frequenzmodulationen genutzt. Um Relativgeschwindigkeiten zu berechnen wird der sog. Doppler-Effekt ausgenutzt [Win09]. Dieser Effekt beschreibt das Phänomen, dass sich die Frequenz der

ausgesendeten Wellen relativ zu dem reflektieren Objekt verändert. Führt ein Fahrzeug bei einem Beobachter vorbei, klingt dieses für die Person je nach Position anders. Dies ist ein Beispiel für den Doppler-Effekt bei Schallwellen [Eic07].

3.4 Optische Sensoren

In diesem Kapitel werden optische Sensoren vorgestellt. Zunächst folgt die Lidarsensorik anschließend Laserscanner und Videosensoren.

3.4.1 Lidarsensorik

Light Detection And Ranging (Lidar) ist eine Technik zur Messung von Entfernungen zwischen Objekten. Lidar ist hierbei mit der Radarsensorik zu vergleichen. Allerdings werden anstelle von elektromagnetischen Wellen Lichtwellen verwendet. Zum Einsatz kommen hier Ultraviolett-, Infrarot- oder Strahlen aus dem sichtbaren Licht. Ein mögliches Messverfahren ist hierbei die „Time of Flight-Messung“. Hier wird die Zeit gemessen, die ein Lichtimpuls von der Aussendung bis zur Reflexion an einem Objekt und wieder zurück benötigt. Diese Zeit ist proportional zur Entfernung [Ged09].

Lidarsensoren bestehen grundsätzlich aus einem Sendezweig und einem Empfangszweig. Der Sendezweig ist eine Laserquelle im Bereich von 850 nm bis 1 μm , mit Hilfe derer der Abtaststrahl ausgesendet wird. Wichtige Punkte bei der Wahl der Quellen ist die Gewährleistung der Augensicherheit, die Temperaturentwicklung und die ausreichende Stromversorgung. Der Empfangszweig ist für die korrekte Wahrnehmung der reflektierenden Strahlen verantwortlich. Die verwendeten Bauteile müssen hohe Anforderungen an die Genauigkeit und Geschwindigkeit der Messung erfüllen. PIN-Dioden und Avalanche-Dioden werden als Empfänger eingesetzt [Ged09].

Neben der Entfernungsmessung können mit der Lidarsensorik weitere Parameter erfasst werden. So ist es möglich, Geschwindigkeiten durch Messung und Vergleich mehrerer aufeinander folgender Positionen eines Objekts zu erfassen. Durch die Absorption und Reflexion des ausgesendeten Lichts, durch bspw. Nebel, ist es zudem möglich, Sichtweitenmessungen mit Lidarsensoren durchzuführen. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Tag/Nacht Erkennung durch die Sensoren. Dies wird ermöglicht, da je nach Tageszeit eine signifikant unterschiedliche Hintergrundbeleuchtung vorliegt [Ged09].

3.4.2 Laserscanner

Auf dem Prinzip der Lidarsensorik aufbauend wurden scannende Lidar-Sensoren sog. Laserscanner entwickelt. Diese erlauben eine hoch winkelauflösende und sehr genaue Entfernungsmessung zu Objekten in der Umgebung. Durch Reflexion des ausgehenden Lichtimpuls an einem Spiegel wird die Umgebung zeilen- oder rasterartig vermessen. Durch eine Motorik wird hierbei der Abstrahlwinkel der Lichtwellen verändert werden [SD02].

Eingesetzt wird die Technik in Fahrzeugen vor allem zur genauen Erfassung von Objekten.

Durch verschiedene Techniken ist hierbei eine planare (2D) und räumliche (3D) Erfassung möglich. Die 2D-Technik wird bspw. zur Fahrzeugerkennung in Mautsystemen verwendet.

3.4.3 Videosensoren

Zur videogestützten Umwelterfassung können Kameras eingesetzt werden. Durch die hohe Auflösung dieser können genaue Informationen über Objekte ermittelt werden. Allerdings ist die Auswertung durch fehlende Entfernungsdaten aufwendiger. Die Messung der Umwelt beruht auf dem lichtelektrischen Effekt bei dem Lichtwellen mit bestimmter Wellenlänge durch Siliziumkristalle aufgenommen werden. Hierbei entsteht eine messbare elektrische Ladung. Unterschieden werden CCD- und CMOS-Sensoren. Während CCD-Sensoren ein geringeres Bildrauschen erzeugen, sind CMOS-Sensoren weniger anfällig gegen Störungen [Wen08].

3.5 Sonstige Sensoren

In Fahrzeugen stehen noch viele weitere interessante Sensoren zur Verfügung. So ist es möglich, Informationen über Fahrzeuginsassen zu erhalten. Bspw. kann ein Einschlafen oder Unachtsamkeiten des Fahrers ermittelt werden. Dies kann berührungslos durch Kameras, intrusiv bspw. durch Pulsmesser oder indirekt bspw. mittels Auswertung des Lenkverhaltens geschehen. Zusätzliche können Temperatur-, Feuchtigkeits- oder Berührungssensoren Daten über den Fahrzeuginnenraum liefern.

4 Zusätzliche Datenquellen

Hinter der Sensorik eines Fahrzeugs steht der Gedanke, Informationen über das Fahrzeug und dessen Umwelt zu erfassen. Hierfür stehen, wie in den vorigen Kapiteln exemplarisch beschrieben, diverse Techniken zur Verfügung. Neben diesen gibt es allerdings weitere mögliche Datenquellen zur Nutzung in AAF. So ist es bspw. sinnvoll, Informationen über die Verkehrsdichte oder von Ampelschaltzeiten mit einzubeziehen. Solche Informationen können durch die sog. Car2X-Kommunikationen ermittelt werden. Unterschieden wird hierbei zwischen Car2Car- und Car2Infrastructure-Kommunikation [Asc10].

Bei Car2Car liefern andere Fahrzeuge Informationen, die diese selbst durch ihre Sensorik erfasst haben. Die Kommunikation zwischen Fahrzeugen findet hierbei meist durch WLAN statt. Neben der Car2Car wird mit Car2Infrastructure die Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und der restlichen Umwelt bezeichnet. Dies kann bspw. der Datenaustausch mit Satelliten, Mautsystemen oder Verkehrsleitzentralen sein. Funkstandards wie UMTS, GSM oder DAB werden hierbei zum Datenaustausch eingesetzt. Durch die Einbindung externer Datenquellen wie dem Internet können Fahrzeuge so mit allen erdenklichen Informationen versorgt werden. AAF mit Car2X Einbindung können bspw. für Unfallwarnungen (Sicherheit), variable Geschwindigkeitsregelungen (Verkehrsregelung),

Schilderkennung (Fahrerassistenz), Mautsysteme, Bereitstellung von Reise- und allgemeinen Informationen oder Platooning (Automatisierung) verwendet werden [wik10].

5 Zusammenfassung

AAF unterstützen Fahrer bei der Führung ihres Fahrzeugs und sollen Fahrkomfort und Sicherheit verbessern und Ressourcen schonen. Um mögliche AAF zu implementieren, werden zwingend Informationen, auf deren Basis geeignete Auswertungen ausgeführt werden können, benötigt. Dies können Daten über die Fahrzeuge selbst oder die Fahrzeugumwelt sein. Wichtig ist hier vor allem eine hohe Verfügbarkeit und Qualität der Daten, da AAF auch direkt in die Fahrzeugsteuerung eingreifen können.

Die notwendigen Informationen für solche AAF können entweder direkt durch ein Fahrzeug erfasst oder durch Kommunikation mit der Umwelt ermittelt werden. Dem Entwickler stehen hierbei Daten über die Fahrzeugumwelt bspw. durch Radar- und Ultraschallsensorik aber auch durch Car2X Kommunikation zur Verfügung. Zudem kann der Fahrzeugzustand mittels Fahrdynamiksensoren erfasst werden und Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren bieten weiterhin Auskunft über das Fahrzeuginnere. Um Assistenzfunktionen mit Daten über Fahrzeuginsassen zu versorgen, kann bspw. Videosensorik oder Car2Infrastructure genutzt werden.

Für die Entwicklung eines AAF auf Basis von DOMINION und Odysseus durch das Projekt stehen somit vielfältige Datenquellen und Sensoren zur Verfügung. Eine Herausforderung des Projektes wird die sinnvolle Auswahl und Integration von Datenquellen für die zu implementierende Assistenzfunktion sein.

Literatur

- [Asc10] Dr. Norbert Aschenbrenner. http://en.wikipedia.org/wiki/Vehicular_communication_systems. Artikel von innovations report aufgerufen am 26.05.2010, 03 2010.
- [Ban02] Prof. Dr. M. Bantel. Grundlagen der physikalischen Messtechnik. Bericht, Hochschule Karlsruhe, 2002.
- [Bro06] Brockhaus. *Brockhaus Enzyklopädie in 30 Bänden*. F.A. Brockhaus GmbH, Leipzig, Bibliografisches Institut und F.A. Brockhaus AG, Mannheim, 21. Auflage, 2006.
- [CHKS03] Michael Cammert, Christoph Heinz, Jürgen Krämer und Bernhard Seeger. Datenströme im Kontext des Verkehrsmanagements. Bericht, Universität Marburg, 2003.
- [Co.09] Hella KGaA Hueck & Co. *Raddrehzahlsensoren im Kraftfahrzeug Funktion, Diagnose, Fehlersuche.*, 2009.
- [Eic07] Jürgen Eichler. *Physik: Grundlagen für das Ingenieurstudium- kurz und prägnant*. Vieweg+Teubner Verlag, 3. Auflage, 2007.
- [Fra03] Jacob Fraden. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*, Jgg. 3. Springer, 2003.

- [GB02] Robert Bosch GmbH und Horst Bauer, Hrsg. *Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregelung ACC*. Christiani, 2002.
- [Ged09] Georg Geduld. Lidarsensorik. In *Handbuch Fahrerassistenzsysteme Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*. Vieweg+Teubner, 2009.
- [JBG⁺09] Jonas Jacobi, Andre Bolles, Marco Grawunder, Daniela Nicklas und H.-Jürgen Appelhuth. Priorisierte Verarbeitung von Datenstromelementen. Bericht, Department für Informatik Universität Oldenburg, 2009.
- [Mau05] Markus Maurer. *Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung*. Springer, Berlin, 2005.
- [Mör09] Matthias Mörbe. Fahrdynamik-Sensoren für FAS. In Hermann Winner, Stephan Hakuli und Gabriele Wolf, Hrsg., *Handbuch Fahrerassistenzsysteme Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*. Vieweg+Teubner, 2009.
- [NR09] Martina Noll und Peter Rapps. Ultraschallsensorik. In *Handbuch Fahrerassistenzsysteme Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*. Vieweg+Teubner, 2009.
- [Par07] Rainer Parthier. *Messtechnik: Grundlagen und Anwendungen der elektrischen Messtechnik für alle technischen Fachrichtungen und Wirtschaftsingenieure*. Vieweg+Teubner Verlag, 4. Auflage, 2007.
- [Rei08] Konrad Reif. *Automobilelektronik Eine Einführung für Ingenieure*, Jgg. 3. Vieweg+Teubner, 2008.
- [Rie08] Tobias Riemenschneider. *Optimierung kontinuierlicher Anfragen auf Basis statistischer Metadaten*. Dissertation, Philipps Universität Marburg, 2008.
- [Rob01] Robert Bosch GmbH. *Sensoren für Winkel - Drehrate - Drehzahl - Beschleunigung - Druck - Gasdurchfluß - Sauerstoff - Temperatur - Körperschall*, 2001.
- [Sau10] Jürgen Sauler. Alle Fakten zur neuen Sicherheits-Norm für die Autoindustrie ISO 26262. Artikel bei Elektronik Praxis aufgerufen am 14.04.2010, 03 2010.
- [SD02] Daniel Streller und Klaus Dietmayer. Lidar-Sensoren zur Umfelderkennung bei Straßemfahrzeugen. Bericht, Universität Ulm, 2002.
- [SHG⁺10] Mark Schröder, Marco Hannibal, Jan Gacnik, Frank Köster und Christian Harms. Ein Labor zur modellbasierten Gestaltung interaktiver Assistenz und Automation im Automotive-Umfeld. Bericht, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), 2010.
- [Spr04] Nadine Sprick. Physik im Auto: Sensoren. Diplomarbeit, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, Institut, für Physik, 2004.
- [Wen08] Stefan Wender. *Multisensorsystem zur erweiterten Fahrzeugumfelderfassung*. Dissertation, Universität Ulm, 2008.
- [wik10] Vehicular communication systems. Artikel auf Wikipedia.org aufgerufen am 26.05.2010, 05 2010.
- [Win09] Hermann Winner. Radarsensorik. In *Handbuch Fahrerassistenzsysteme Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*. Vieweg+Teubner, 2009.