

Autonome Autos

Seminar Automotiv 2, Universität Potsdam
Wintersemester 2007/08

Sylvia Richter
Matthias Geue



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Motivation	1
3	DARPA Grand Challenge	2
3.1	DARPA Grand Challenge 2004	2
3.2	DARPA Grand Challenge 2005	2
3.3	DARPA Grand Challenge 2007	3
4	Assistenzsysteme	4
4.1	Reaktive Assistenzsysteme	4
4.2	Proaktive Assistenzsysteme	5
4.3	Geplante Assistenzsysteme	5
4.4	Zusammenfassung	6
5	Autonome Autos – Technik	7
5.1	Assistenzsystemen in autonomen Automobilen	7
5.2	Sensoren	9
5.3	Zusammenspiel der Sensoren am Beispiel RAVON	10
6	Probleme	14
6.1	Technische Probleme	14
6.2	Ethisch-Moralische Probleme	15
6.3	Psychologische Aspekte	15
6.4	Gesetzliche Probleme	15
7	Ausblick	16
8	Quellenverzeichnis	18

1 Einleitung

Ein Auto, das selbständig fährt, ohne dass man etwas machen muss oder noch besser ein Auto, welches einen ortet und dann alleine zu einem fährt, sind schöne Visionen. Die Frage, die sich allerdings auftut, ist, ob dies auch realisierbar ist.

Sebastian Thrun, Professor für Informatik und Elektrotechnik an der Universität Stanford und erfolgreicher Teilnehmer der DARPA Challenges, äußerte sich im Jahre 2007 dazu folgendermaßen: „In zehn Jahren ist die Technik so weit, dass autonome Autos definitiv zuverlässiger und damit sicherer fahren als der Mensch [5].

Alan I. Taub, Forschungs- und Entwicklungsdirektor von General Motors, ist der Ansicht, dass zum Jahr 2018 autonome Fahrzeuge bis zur Serienreife entwickelt seien [4].

Beide sind folglich der Meinung, dass es etwa 2017/18 die ersten autonomen Automobile gäbe. Inwieweit dies realistisch ist und welche Techniken momentan in der Entwicklung sind, soll diese Arbeit vermitteln.

2 Motivation

Es gibt mindestens drei Aspekte, welche für autonome Autos sprechen:

1. mehr Verkehrssicherheit
2. energieeffizienteres Fahren
3. Mobilität im Alter

Etwa 90% aller Unfälle lägen an menschlichem Versagen [4]. Die Europäische Union hat sich 2001 zum Ziel gemacht die Zahl der Verkehrstoten von 40 000 bis 2010 zu halbieren [3]. Ferner könnten Studien zufolge 1500 Unfälle vermieden werden, wenn nur 0,6 Prozent der Fahrzeuge mit Systemen ausgestattet wären, die Hilfestellung beim Einhalten der Spur oder beim Überholen geben [4].

Andere Studien ergaben, dass rund 10% Sprit durch eine maschinell optimierte Fahrweise eingespart werden könnte. Würde noch zusätzlich der Verkehrsfluss optimiert, so kämen noch weitere 10% hinzu [4]. Dieser Aspekt ist vor allem aufgrund der ständig steigenden Benzinpreise interessant.

Dank autonomer Autos könnten ältere Leute mobil bleiben. Schließlich nehmen im Alter die körperliche Handicaps zu und die Reaktionsfähigkeit ab.

3 DARPA Grand Challenge

Die DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) versuchte in den 70iger Jahren autonome Fahrzeuge für militärische Zwecke zu entwickeln. Leider blieben ihre Versuche erfolglos. Aus diesem Grunde und aufgrund des Beschlusses des US-Kongresses, dass bis 2015 ein Drittel aller US-Militärfahrzeuge ohne menschliche Hilfe fahren können, schrieb die DARPA 2003 einen Wettbewerb aus.

Zuvor gab es drei fahrerlose Autos, die erwähnenswert sind. Zunächst ein Fahrzeug, das in den 70iger Jahren in Japan an einer weißen Linie entlang fuhr. Allerdings war dies eine dem Straßenboden gegenüber kontrastreiche Linie. Wie aus heutigen Berichten bekannt ist, ist die Problematik des Spureinhaltens immer noch nicht vollständig gelöst, da die Streifen witterungsbedingt verblassen [4].

1987 ließ Ernst-Dieter Dickmanns, Professor der Universität München, einen Transporter von Mercedes über die gerade neu gebaute, noch gesperrte Autobahn fahren. Allerdings fuhr ein Mensch mit, der eingreifen musste. 1995 testete Dickmanns seinen 2. Prototyp, einen Mercedes SEL, bei befahrener Autobahn über 1600 km. Die Höchstgeschwindigkeit war bis zu $180 \frac{km}{h}$. Auch hier fuhr das Auto nicht vollständig ohne menschliche Hilfe [4].

3.1 DARPA Grand Challenge 2004

Am 13. März 2004 fand die erste DARPA Grand Challenge im US-Bundesstaat Nevada statt. Die Prämie war eine Million Dollar für ein Fahrzeug, das in der amerikanischen Wüste ohne menschliche Hilfe eine Strecke von 142 Meilen (241 km) erfolgreich zurücklegt. Es nahmen 15 Fahrzeuge, u.a. Pick-ups, Geländewagen, 1 Motorrad, 1 LKW und der Hummer Sandstorm, teil. Dem Favorit „Sandstorm“ vom Red Team (Eliteuniversität Carnegie Mellon in Pittsburgh) gelang es mit 7,4 Meilen (rund 12 km) etwa 5% der Strecke weit zu kommen. Dann kam das Fahrzeug von der Strecke ab, rammte ein Hindernis und fing Feuer. Der Teilnehmer mit dem Dexterit-Motorrad wurde bereits vor der Challenge in der Presse und von den anderen Teams belächelt, da er es sich mit einem Zweiräder deutlich schwieriger zu sein scheint erfolgreich einen Parcours durch die Wüste zu meistern. Er blieb jedoch standfest und behauptete, dass sein Motorrad Erfolg hätte. Dies war allerdings nicht der Fall. Es fiel nach dem Startschuss praktisch mit der ersten Bewegung um. Kein einziges Fahrzeug erreichte das Ziel [2].

3.2 DARPA Grand Challenge 2005

Der zweite Wettbewerb fand vom 8. bis 9. Oktober 2005 in der Mojave Wüste im Südwesten der USA statt. Die Prämie wurde auf 2 Millionen verdoppelt. Die

Aufgabe war die Konstruktion eines Fahrzeuges, das in der amerikanischen Wüste ohne menschliche Hilfe eine Strecke von 132 Meilen über Schotter, Sand, Brücken und Passstraßen innerhalb von 10 Stunden bewältigen kann. 195 Teams registrierten sich, in die Vorauswahl kamen lediglich 43 Teams und an den Start gingen letztendlich nur 23 Fahrzeuge. Von diesen erreichten fünf das Ziel, wobei nur vier die vorgeschriebene Maximalzeit von 10 Stunden einhielten. Der Gewinner war der VW Touareg Stanley vom Team mit dem anfangs zitierten Sebastian Thrun (Professor für KI an der Stanford-Uni). In einer Zeit von weniger als 7 Stunden und mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 19,1 mph (30,7 km/h) erreichte der VW das Ziel [2].

In der folgenden Abbildung sind die Platzierungen sowie die Meilenzahl der ausgeschiedenen zu dargestellt.

Fahrzeug	Team	Team-Adresse	Zeit (h:m)	Ergebnis
Stanley	Stanford Racing Team	Stanford U., Palo Alto, Calif.	6:54	Erster Platz
Sandstorm	Red Team	Carnegie Mellon U., Pittsburgh, PA	7:05	Zweiter Platz
Highlander	Red Team Too	Carnegie Mellon U., Pittsburgh, PA	7:14	Dritter Platz
Kat-5	The Gray Team	The Gray Insurance Company, Metairie, La.	7:30	Vierter Platz
TerraMax	Team TerraMax	Oshkosh Truck Company, Oshkosh, Wisconsin	12:51	Keine Platzierung, da über dem 10 Stunden Zeitlimit
DEXTER	Team ENSCO	ENSCO, Inc., Springfield, Va.	-	Ausgeschieden nach 81 Meilen
Spirit	Axion Racing	Westlake Village, Calif.	-	Ausgeschieden nach 66 Meilen
Cliff	Virginia Tech Grand Challenge Team	Virginia Tech., Blacksburg, Va.	-	Ausgeschieden nach 44 Meilen
Rocky	Virginia Tech Team Rocky	Virginia Tech., Blacksburg, Va.	-	Ausgeschieden nach 39 Meilen
ION	Desert Buckeyes	Ohio State U., Columbus, Ohio	-	Ausgeschieden nach 29 Meilen
DAD	Team DAD	Digital Auto Drive/Velodyne Acoustics, Morgan Hill, Calif.	-	Ausgeschieden nach 26 Meilen
Desert Rat	Insight Racing	NC State U., Cary, N.C.	-	Ausgeschieden nach 26 Meilen

Abbildung 1: Platzierungen der DARPA 2005 [2]

3.3 DARPA Grand Challenge 2007

Die dritte DARPA Grand Challenge fand am 3. November 2007 in Victorville auf dem ehemaligen Gelände „George Air Force Base“ statt. Es sollte ein autonomes Fahrzeug konstruiert werden, dass durch den Parcours innerhalb von 6 Stunden das Ziel erreicht. Das Preisgeld betrug insgesamt 3,5 Millionen US-Dollar. „Die drei ersten Teams, die das Ziel in kürzester Zeit erreichen und die wenigsten Abzüge wegen Regelverletzungen vorzuweisen haben, erhalten 2 Millionen, 1 Million bzw. 500.000 US-Dollar.“ [2] [6] Folgende Regeln mussten beachtet werden:

- das vorgegebene Gebiet durfte nicht verlassen werden
- öffentlich zugängliche Signale durften genutzt werden

- es war verboten Steuerkommandos an das Fahrzeug zu schicken
- es war verboten andere Fahrzeuge vorsätzlich zu berühren
- eine autonome Service Station auf halber Länge war erlaubt

Den ersten Platz schaffte das Team Tartan Racing der Carnegie Mellon Universität. Der zweite Platz wurde vom Stanford Racing Team der Stanford Universität belegt. Auf die dritten Platz war das Team VictorTango. Es nahm auch ein Berliner Team teil, und zwar das Fahrzeug „Spirit of Berlin“ der Freien Universität Berlin.

4 Assistenzsysteme

Um die Sicherheit des Fahrers beim Umgang mit dem Fahrzeug zu erhöhen, werden von allen führenden Automobilherstellern sogenannte „Assistenzsysteme“ mitgeliefert.

4.1 Reaktive Assistenzsysteme

Die reaktiven Assistenzsysteme dienen vor allem dazu dem Fahrer

1. in einer Notsituation so gut wie möglich zu schützen. Beispiele sind:
 - **Airbagsysteme:** Insassenschutz beim Fahrzeugaufprall
 - **Antiblockiersystem (ABS)**
 - **Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP):** verhindert Ausbrechen des Fahrzeugs durch gezieltes Abbremsen einzelner Räder
 - **Antischlupfregelung:** verhindert Durchdrehen der Räder beim Anfahren
2. das Fahren angenehmer zu machen, indem das System die erweiterten Sinne des Fahrers darstellt, jedoch nur reaktiv ist. Zu diesen Systemen gehören:
 - **Tempomat und Adaptive Cruise Control:** Einhalten einer bestimmten Geschwindigkeit bzw. eines bestimmten Abstands
 - **Blind Spot(Mercedes):** Auskunft über tote Winkel des Fahrzeugs
 - **Einparkhilfe:** Hilfe beim Einparken des Fahrzeugs
 - **Night Vision (BMW):** Nachtsichtgerät (Wärmebildkamera) zur Unterstützung des Fahrers bei Nacht

4.2 Proaktive Assistenzsysteme

Die sogenannten „Proaktiven Assistenzsysteme“ sind in der Lage

- den Fahrer zu warnen
- das Verhalten des Fahrers zu beobachten
- im Notfall selbständig zu handeln

Diese Systeme kamen größtenteils die letzten beiden Jahre auf den Markt.

- **Brake Assits (Mercedes):** erkennt zu nahes Auffahren, warnt den Fahrer und baut den nötigen Bremsdruck auf
- **Collision Mitigation Brake System (Honda) / Pres-Safe (Mercedes):** selbstständige Vollbremsung, wenn keine Reaktion des Fahrers (erst Warnsignal und Bremsdruck)
- **Spurassistent:** Einhalten der Fahrspur durch Kontrast Fahrbahn / Spurbegrenzung
- **Parklenkassistent (VW):** Hilfe beim / selbstständiges Einparken des Fahrzeugs

4.3 Geplante Assistenzsysteme

Für die nächsten Jahre sind folgende Assistenzsysteme geplant.

- Hinderniserkennung, da die menschliche Reaktionszeit sehr langsam ist



Abbildung 2: Aktive Hinderniserkennung [3]

- Stauassistent zur Vermeidung von Auffahrunfällen, da vor allem in Stausituationen Fahrer ermüden

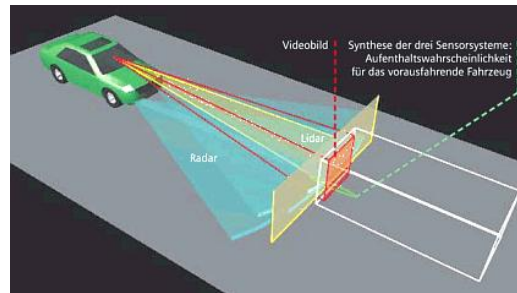


Abbildung 3: Erkennung und Beobachtung vorausfahrender Fahrzeuge [3]



Abbildung 4: Erkennung von Verkehrszeichen [3]

- Erkennung von Verkehrszeichen mit entsprechender Warnung
- Navigationssysteme mit Augmented Reality
 - Einbindung der realen Umgebung, um die Route intuitiv schnell erkennbar zu machen
 - um das aktuelle Verkehrsgeschehen mit einzubinden

4.4 Zusammenfassung

Durch die rasante technologische Entwicklung (z. B. im Bereich der Informationstechnologie) wurden die Assistenzsysteme in den letzten Jahren technisch immer ausgereifter und somit auch „intelligenter“. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, geht die Entwicklung von reaktiven Assistenzsystemen hin zu den proaktiven Systemen, welche eine echte Unterstützung beim Fahren liefern. Die Assistenzsysteme sorgen bis auf Weiteres, dass der Fahrer trotz Nutzung dieser Systeme der Fahrverantwortung nicht entmündigt wird. Fazit: **Es sind und bleiben Assistenzsysteme!**
 Quellen: [3], [2]

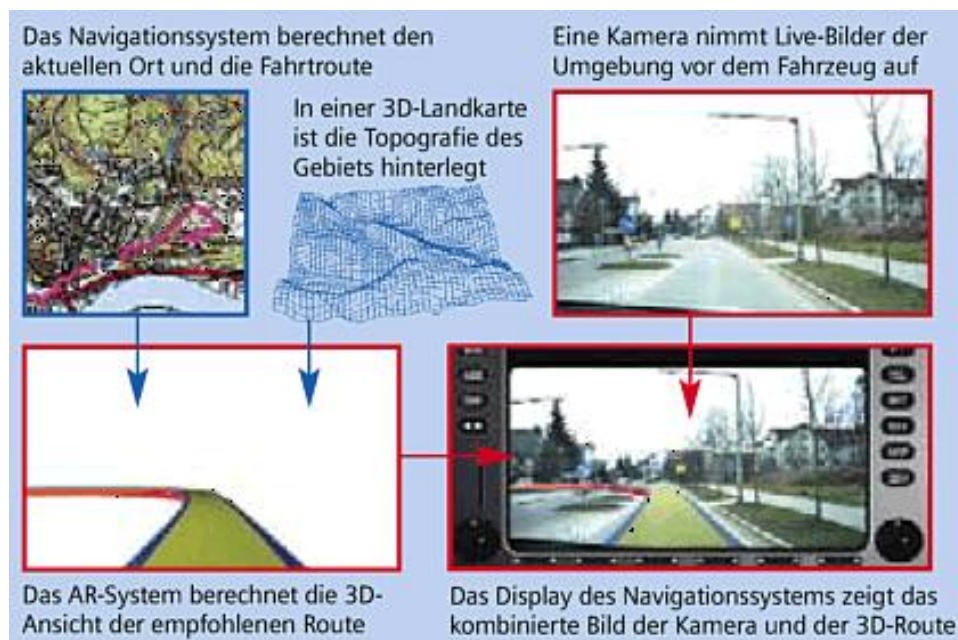


Abbildung 5: Selbstständiges „Lernen“ des Fahrzeugs durch Fahrerinteraktion [3]

5 Autonome Autos – Technik

Bei der Vielzahl an verfügbaren Assistenzsystemen verliert der Autofahrer schnell den Überblick. Für die Entwickler autonomer Automobile ist dies jedoch eine Goldgrube. Da die Assistenzsysteme ihrerseits schon mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet sind, bietet es sich förmlich an, diese für die Steuerung eines autonomen Autos zu nutzen. Der Vorteil dabei ist, dass die meisten Systeme im Auto über den Can-Bus zusammengeführt werden, und somit jedes System vom CAN-Steuergerät angesprochen werden kann. Sollte es also gelingen eine offene Schnittstelle zum CAN-Steuergerät verfügbar zu machen, kann man dieses mit einer Recheneinheit verbinden, welches in der Lage ist das Fahrzeug zu steuern.

5.1 Assistenzsystemen in autonomen Automobilen

In Abbildung 7 ist zu erkennen, dass in heutigen Modellen von autonomen Automobilen eine Vielzahl von Sensoren eingebettet sind.

- GPS/IMU: Dieser Empfänger dient zur globalen Positionsbestimmung des Fahrzeugs sowie zur 3-dimensionalen Positionsbestimmung im Raum.
- LIDAR-Sensor vorne: Durch diese LIDAR-Sensoren ist das Fahrzeug in der

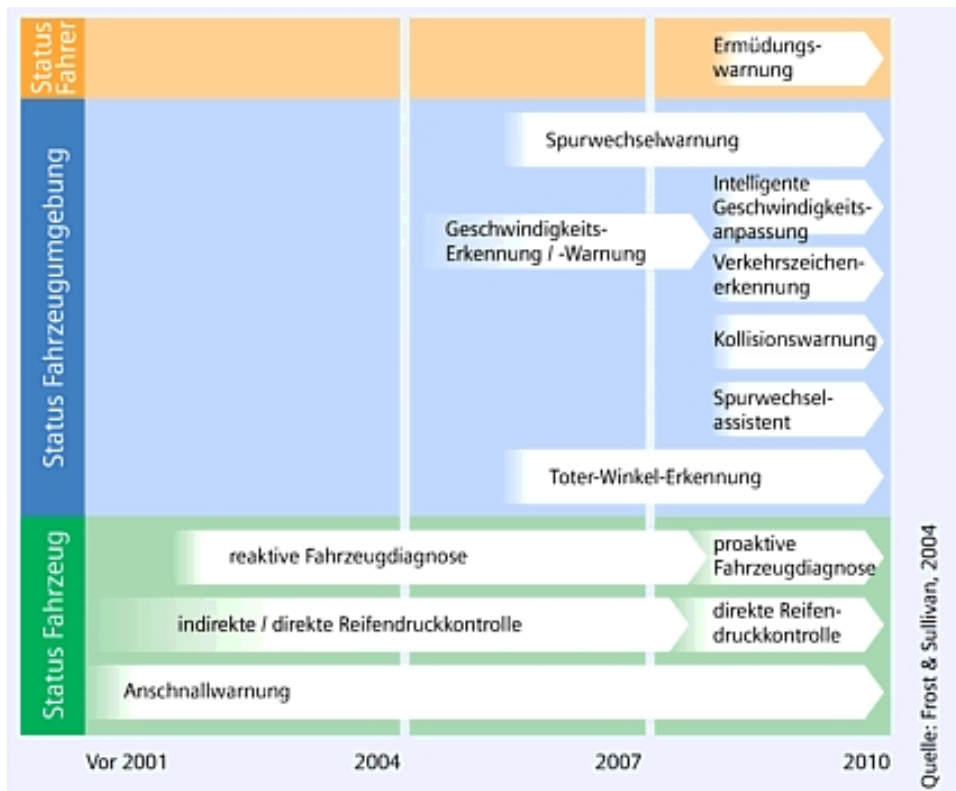


Abbildung 6: Entwicklung der Assistenzsysteme [3]

Lage Objekte und deren Entfernung zu erkennen, welche sich direkt vor dem Fahrzeug befinden, um ggf. eine Notbremsung durchführen zu können.

- LIDAR-Sensor auf dem Dach: Dieser Sensor besteht aus zwei einzelnen LIDAR-Sensoren, welche um 90° gegeneinander verschränkt sind. Durch die Rotation dieser Einheit und der Verschränkung erhält man ein 3D-Bild, von der aktuellen Umgebung.
- Kamera auf dem Dach: Mit dieser Kamera werden Bilder von der aktuellen Umgebung gemacht und anschließend bzgl. ihres Informationsgehalts ausgewertet.

Dies sind noch lange nicht alle Sensoren, welche in autonomen Automobilen verwendet werden können, aber meisten dieser Sensoren werden ohnehin schon in Assistenzsystemen gebraucht und müssen somit nicht extra eingebaut werden.

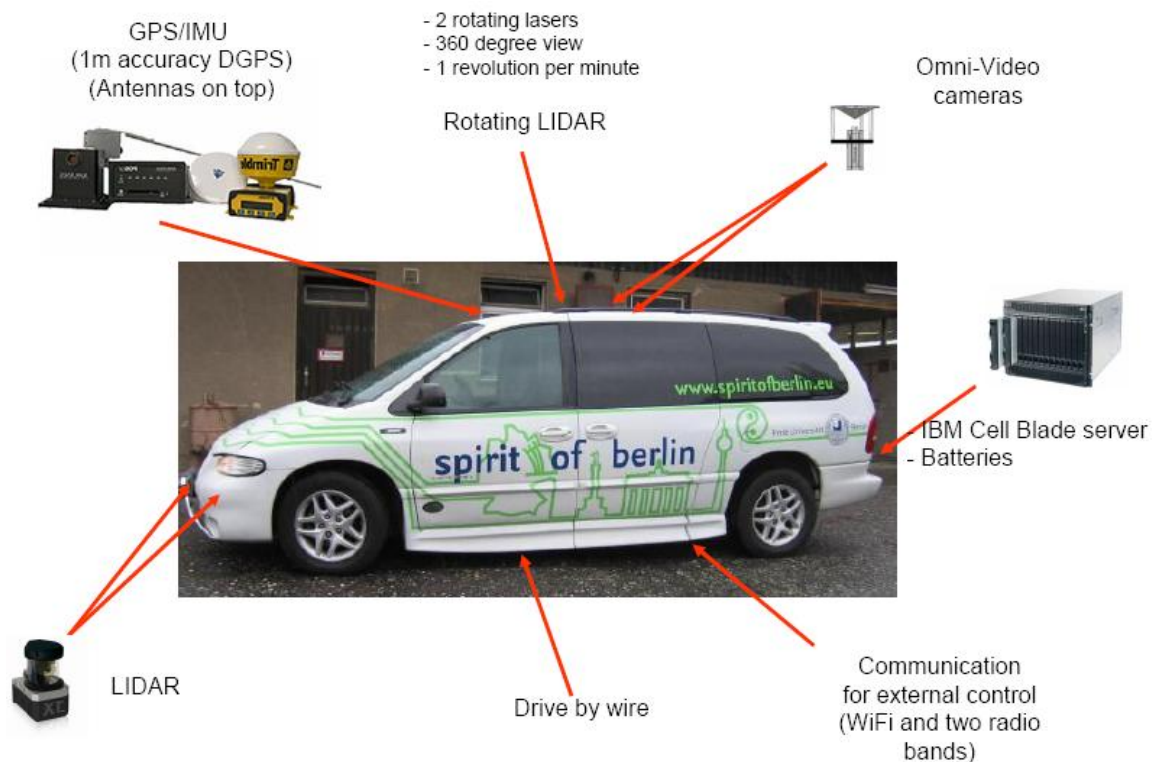


Abbildung 7: Beispiel für verwendete Sensoren in autonomen Automobilen [1]

5.2 Sensoren

Radar

Radar bedeutet **R**adio **D**etection and **R**anging. Dabei handelt es sich um ein Erkennungssystem, welches mit elektromagnetischen Wellen Objekte (insbesondere metallische) erkennt. Der Vorteil des Radar ist, dass es wetterunabhängig verfügbar ist und einen großen Bereich abdecken kann. Die Nachteile eines Radarsystems liegen in der schlechten Auflösung der Objekte und der Tatsache, dass Radarsignale schwer zu interpretieren sind.

Infrarot

Wärmebildsensoren finden in vielen Bereichen Anwendung, seit neuestem auch in der Automobilindustrie. Sie sollen den Fahrer insbesondere bei einer Nachtfahrt unterstützen, indem sie wärmeabgebene Objekte (welche meist Lebewesen sind) von der kälteren Umgebung hervorheben und so dem Fahrer weiträumig sichtbar

machen. Im Vorteil liegt auch gleichzeitig der Nachteil von Infrarotsensoren. Um sie ideal zu nutzen, muss das Objekt sich klar von der Umgebung abgrenzen. Es bringt also kaum etwas mit diesen Sensoren Menschen auf der Fahrbahn zu erkennen, wenn diese z. B. eine Asphalttemperatur von mehr als $30^{\circ}C$ hat.

Lidar

Das Lidar, oder voll ausgeschrieben "**L**ight **D**etection and **R**anging" ist eine Weiterentwicklung des Radarsystems. Statt mit elektromagnetischen Wellen Objekte zu erkennen, sendet das Lidarsystem Lichtimpulse aus und ermittelt aus deren Reflexionen das Ergebnis. Der Vorteil ist, dass im Gegensatz zu Radarwellen, die Lichtimpulse weniger leicht manipuliert werden können. Wie das Radar ist Lidar bei jedem Wetter einsatzfähig. Der Nachteil von Lidar ist, dass der Abstand zwischen zwei ausgehenden Impulsen sehr lang ist (etwas 1 Sekunde) und somit das System nur sehr langsam arbeiten kann.

Kamera

Der gute alte Fotoapparat (natürlich ausgestattet mit moderner Technik) liefert schnell und zuverlässig Bilder der aktuellen Umgebung. Allerdings sind nur sichtbare Objekte auf diesen Bildern zu erkennen. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Objekterkennung auf Bildern sehr rechenintensiv ist, da nur das 2D-Bild zur Verfügung steht.

Fazit

Jeder Sensortyp bringt Vor- und Nachteile mit sich, so dass es notwendig ist mehrere Sensorarten parallel zu nutzen, so dass die Information teilweise redundant vorliegt. Allerdings kann man so die Stärken des einzelnen Sensortyps voll ausnutzen.

Quellen: [3],[2],[1]

5.3 Zusammenspiel der Sensoren am Beispiel RAVON

Ein praktisches Beispiel, bei dem verschiedene Sensortypen miteinander kombiniert wurden, ist das autonome Automobil RAVON [7]. **RAVON** bedeutet **R**obust **A**utonomous **V**ehicle for **O**utdoor **N**avigation. Dieses Fahrzeug wurde an der Universität Kaiserslautern für den Einsatz im Gelände entwickelt.

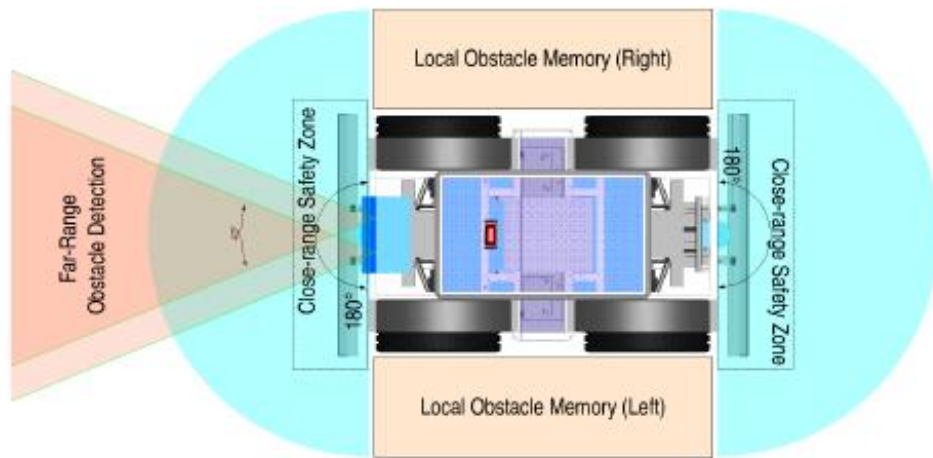


Abbildung 8: Verwendete Sensoren bei RAVON [7]

Einteilung in Sensorzonen

Die Umgebung von RAVON wurde in verschiedene Zonen unterteilt (siehe Abbildung 8), welche wiederum unterschiedlich behandelt werden.

- Die unmittelbare Umgebung vor und hinter dem Fahrzeug wird durch Lidarsensoren erfasst, welche einen Winkel von 180° abdecken.
- Von oben wird die Umgebung von einer Kamera erfasst. Da die Auswertung dieser Daten sehr rechenintensiv ist, bleibt der Sichtbereich der Kamera auf "Weitsicht" und die Frontseite des Fahrzeugs beschränkt. Der von der Kamera erfasste Winkel beträgt 40° .
- Links und Rechts vom Fahrzeug befinden sich keine Sensoren. Durch Erfassung von Daten sich bewegender Objekte und der Eigenbewegung sind alle Positionen ständiger Veränderung unterworfen. Objekte, welche sich links bzw. rechts vom Fahrzeug befinden (sollten), werden dort nicht aktiv erfasst sondern nur passiv in die entsprechenden Bereiche berechnet.

Eine Beispiel für die erfassten der Lidarsensoren ist in Abbildung 9 zu sehen.

Gedächtnis des autonomen Automobils

Wie bei jedem System, welches in einer Umgebung autonom zurecht kommen muss, brauchen auch autonome Automobile Geländeinformation. Diese Daten müssen in einem zentralen Speicher gehalten werden um für die nächste Aktion des Fahrzeugs

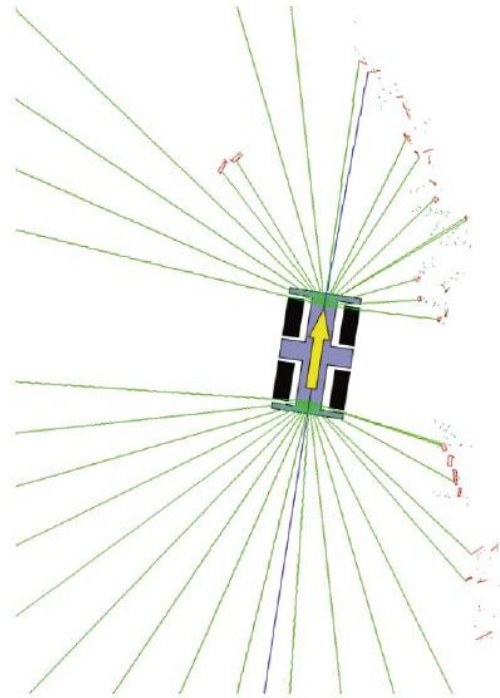


Abbildung 9: RAVON im Gelände / Objekterkennung durch Lidarsensoren [7]

verfügbar zu sein. Je nach Anforderung und Größe des Geländes unterscheidet man zwischen zwei Hauptformen eines “Gedächtnisses“:

- **Kurzzeitgedächtnis:** Entscheidet man sich das autonome Automobil mit einem Kurzzeitgedächtnis auszustatten, ist die Entscheidungsfindung auf Grund weniger Daten nicht besonders rechenintensiv. Damit verringert sich auch der Energieverbrauch des Fahrzeugs. Der Nachteil besteht darin, dass kaum mehr als die unmittelbare Umgebung erfasst und ausgewertet werden kann. Für Fahrzeuge im Gelände oder Strassenverkehr ist diese Form der Speicherung ohne externe Unterstützung sicherlich nicht geeignet.
- **Langzeitgedächtnis:** Das Langzeitgedächtnis ist in der Lage das komplette “Wissen“ über des Geländes zu speichern. Dafür ist jedoch ein Speichermedium mit großer Kapazität erforderlich. Die Entscheidungsfindung für die nächste Aktion des Fahrzeugs dauert länger, da mehr Daten auszuwerten sind. Allerdings ist das Fahrzeug in der Lage Alternativen zu berechnen und kann im Falle eines Problems eine neue Lösung finden. Die intensivere Rechenleistung erfordert auch mehr Energie, welche mitgeführt werden muss.

Steuerung eines autonomen Automobils

Wie bereits ermittelt, benötigt ein autonomes Automobil verschiedene Sensortypen, um die Umgebung zu erfassen. Diese ist in verschiedene Zonen eingeteilt. Das Gedächtnis des Fahrzeugs kann auf die unmittelbare Umgebung beschränkt werden. Allerdings sind dann komplexe Fahrmanöver nicht möglich. Doch wie ermittelt ein autonomes Fahrzeug die nächste Aktion, welche auszuführen ist?

Das grobe Abbild der Steuerung von RAVON ist in Abbildung 10 dargestellt.

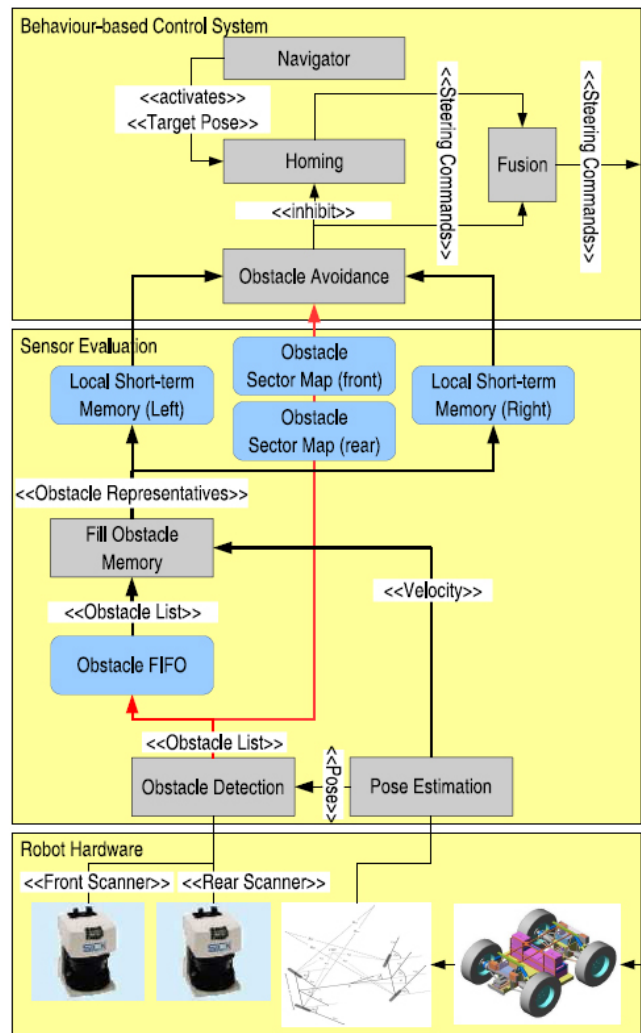


Abbildung 10: Steuerung von RAVON [7]

Die Auswertung erfolgt zweistufig. Zunächst erfassen die Sensoren mögliche Hindernisse rund um das Fahrzeug. Die Erkenntnisse fließen in eine Liste, welche alle

erkannten Objekte enthält. Weiterhin muss die globale Position des Fahrzeugs ermittelt werden. Abhängig von der Geschwindigkeit und Richtung des Fahrzeugs werden die Speicher für die Sensorzonen gefüllt. Somit werden aktuell nicht relevante Objekte (z. B. welche sich links und rechts vom Fahrzeug befinden) von den Hindernissen getrennt, auf welche das Fahrzeug reagieren muss (z. B. Hindernisse direkt vor oder hinter dem Fahrzeug).

In der nächsten Stufe der Auswertung fließen die Navigationsdaten (z. B. abzufahrende Route oder Zielort) mit ein, um einen passenden Weg zu finden. Aus diesen Erkenntnissen werden letztendlich die Steuerbefehle erstellt, welche als nächste Aktion ausgeführt werden sollen.

Als Transportmedium für Daten wurde kein neues System entwickelt, sondern auf bewährtes gesetzt. Man nahm einen normalen CanBus, wie er in jedem normalen Auto heute vorhanden ist.

6 Probleme

Natürlich verläuft auch bei autonomen Autos nicht alles reibungslos. Es gibt sowohl technische als auch gesetzliche bzw. moralische Probleme und psychologische Aspekte, welche noch gelöst werden müssen.

6.1 Technische Probleme

Die Probleme, welche sich mit autonomen Autos ergeben, sind auch schon bei Assistenzsystemen vorhanden und könnten demzufolge schon dort gelöst werden. Assistenzsysteme müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- leicht bedienbar,
- intuitiv,
- abschaltbar sein

Da autonome Automobile eine Vielzahl von Sensoren benötigen, müssen auch die damit verbundenen Probleme gelöst werden. Dies sind unter anderem:

- beschränkte Rechenkapazität
- Energieverbrauch
- Umwelteinflüsse (Strahlung, Geländebeschaffenheit, ...)
- bisher geringe Geschwindigkeit des Fahrzeugs da lange Rechenzeit zur Auswertung benötigt

6.2 Ethisch-Moralische Probleme

Das Ziel eines autonomen Autos soll es sein, mindestens so gut wie ein Mensch zu agieren. Das Problem dabei ist, dass es sich um eine Maschine handelt, welche nur zwischen *wahr* und *falsch* entscheiden kann. Was passiert also, wenn das autonome Auto in eine Situation gerät, welche einen moralischen Konflikt enthält? Ein Beispiel:

Wie muss sich ein System verhalten, wenn es vor der Wahl steht, mit einem Hindernis zu kollidieren oder in eine daneben wartende Schulklasse zu rasen? Und was, wenn sich das Hindernis sich ebenfalls als Mensch entpuppt?

6.3 Psychologische Aspekte

Ein autonomes Auto zu besitzen ist sicherlich etwas angenehmes. Aber wie sieht das der normale Verkehrsteilnehmer? Das Auto steht nicht nur für ein Transportmedium, welches von A nach B befördert, sondern auch für Freiheit. Ein autonomes Fahrzeug, welches mit „nur“ $120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ über die Autobahn fährt, ist sicherlich ein Alptraum für jeden, der einen flotteren Fahrstil bevorzugt. Zwar lädt ein solches Fahrzeug zum Entspannen während der Fahrt ein, jedoch ist der Mensch bei Neuentwicklungen von Natur aus misstrauisch. Dem Menschen würde damit ein Stück Unabhängigkeit genommen werden. Außerdem müsste der gesamte Straßenverkehr umgerüstet werden. Ein Projekt, welches auch enorme **Kosten verursacht!** Ein weiteres Beispiel aus verkehrspsychologischer Sicht:

„Man kann sich nicht vier Stunden fahren lassen und dann innerhalb von drei Sekunden voll da sein und das Steuer übernehmen“
(Professor Hans Peter Krüger vom Interdisziplinären Zentrum für Verkehrswissenschaften an der Universität Würzburg)

6.4 Gesetzliche Probleme

In Deutschland ist ein Streit entbrannt, ob teilautonome Assistenzsysteme zugelassen werden dürfen. Der Grund liegt im Weltabkommen von Wien von 1968. Dort heisst es:

„Jeder Fahrer soll jederzeit fähig sein, sein Fahrzeug zu kontrollieren oder seine Tiere zu leiten“ (Artikel 5 Absatz 3)

Im Artikel 13 Absatz 1 wird gefordert, dass jeder Fahrer sein Fahrzeug „*dauernd*“ und „*unter allen Umständen beherrschen*“ muss.

Außerdem stellt sich die Frage, wer die Schuld trägt, wenn ein autonomes Auto

einen Unfall baut. Der Fahrer, der Halter des Fahrzeugs, vielleicht der Fahrzeughersteller oder ein Hersteller einer Teilkomponente? Auf jeden Fall kann man sagen, dass bis zur Klärung der Schuldfrage noch einige Zeit vergehen wird!

7 Ausblick

Das autonome Auto ist bis heute noch eine Vision auf dem Papier. Jedoch könnte diese Vision Wirklichkeit werden. Beim Begriff „autonomes Auto“ denkt man meistens an ein kognitives Automobil, welches selbstständig (wie ein Mensch) agieren kann. Die Wissenschaft erhofft sich so u.a. die Anzahl der Verkehrsunfälle auf den Straßen zu reduzieren. Durch eine automatisch gesteuerte Fahrweise, z. B. Konvoi- und Windschattenfahrten, könnte viel Energie gespart werden.

Information kann das Fahrzeug über die eigenen Sensoren aufnehmen bzw. durch Kommunikation mit anderen Fahrzeugen oder Verkehrssystemen. Gäbe es ein elektronisches Verkehrsleitsystem auf den Straßen, so könnte das Fahrzeug immer die aktuell benötigten Daten vom Leitsystem in Erfahrung bringen und durch die eigenen Sensoren bestätigen und ergänzen lassen.

Wie in Abbildung 11 zu sehen ist, schreitet die Entwicklung in Richtung au-

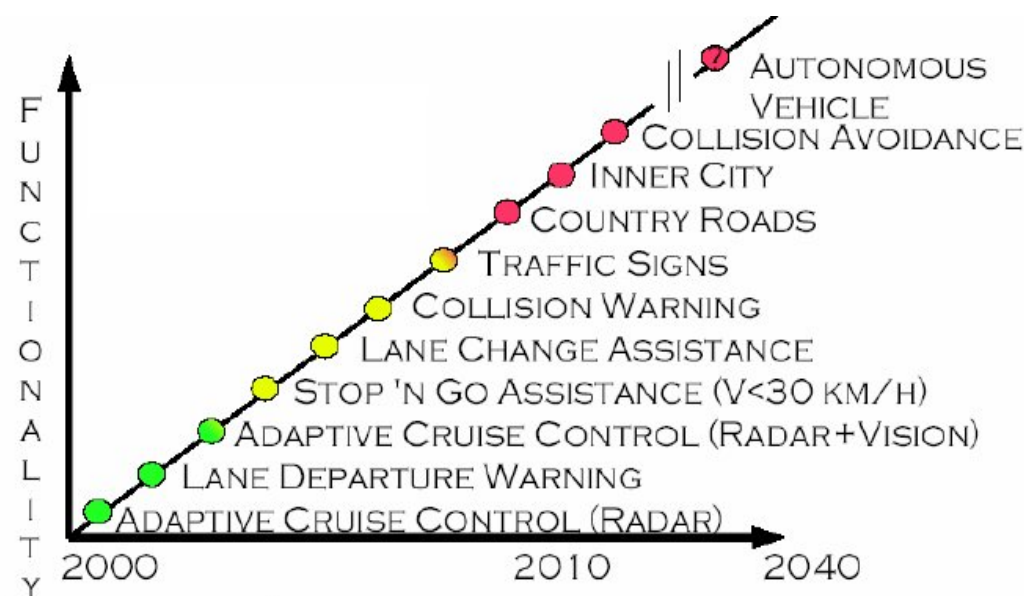


Abbildung 11: technische Entwicklung von Assistenzsystemen / autonomen Fahrzeugen [1]

tonomes Auto immer mehr voran. Angefangen hat man bei den Assistenzsystemen, welche sich von reaktiven zu proaktiven Systemen weiterentwickelten. Durch

Verbesserungen im Bereich der Automatisierung konnten immer komplexere Assistenzsysteme entwickelt werden. Die Prototypen autonomer Fahrzeuge treten mittlerweile in Wettkämpfen gegeneinander an. Und die Fortschritte werden mit jedem weiteren Wettkampf sichtbarer. Allerdings stellt sich eine Frage: Werden wir es jemals schaffen ein autonomes Fahrzeug zu entwickeln, welches den Ansprüchen eines Menschen gerecht werden? Und wenn ja, wann wird dieser Zeitpunkt erreicht sein?

8 Quellenverzeichnis

Literatur

- [1] Freie Universität Berlin. Spirit of berlin. <http://robotics.mi.fu-berlin.de/pmwiki/pmwiki.php>. Zugriff: 20.10.2008.
- [2] Open Community. Wikipedia. <http://www.wikipedia.de>. Zugriff: 20.10.2008.
- [3] Jürgen Goroncy. Das mitdenkende Auto. <http://w1.siemens.com/innovation/de/publikationen>. Zugriff: 20.10.2008.
- [4] Technology Review. Mobilität - Computer am Steuer. *Technology Review*, 06, 2008.
- [5] Bernhard Santer. Das Auto wird zum Chauffeur. http://www.focus.de/auto/zubehoer/tid-7893/autonome-automobile_aid_138064.html. Zugriff: 20.10.2008.
- [6] Mark Spörrle. Intelligenz ans Steuer. <http://www.zeit.de/2007/25/C-Roboterautos>. Zugriff: 20.10.2008.
- [7] Universität Kaiserslautern - Institut für Informatik - Lehrstuhl für Robotik. Universität kaiserslautern. <http://www.uni-kl.de/>. Zugriff: 20.10.2008.