

Wenn Autos sehen lernen

KARLSRUHER FORSCHER ARBEITEN AN WAHRNEHMUNGSFÄHIGEN AUTOS

DIE AUTOBAHN AM FRANKFURTER KREUZ WÄHREND DER RUSH-HOUR IM JAHR 2050: TAUSENDE VON AUTOS SCHLÄNGELN SICH STÜNDLICH DURCH DIESE HAUPTSCHLAGADER DES AUTOMOBILVERKEHRS. - PLÖTZLICH EIN KNALL: BEI EINER GESCHWINDIGKEIT VON 150 KM/H PLATZT DER HINTERREIFEN EINES MITTELKLASSEWAGENS. SCHEINBAR UNKONTROLLIERT SCHLINGERT DAS FAHRZEUG ÜBER DEN ASPHALT, ANDERE WEICHEN IN WAGHALSICHEN MANÖVERN

AUS UND SCHLIEßLICH KOMMT DER VERKEHR ZUM ERLIEGEN. WIE DURCH EIN WUNDER IST NIEMANDEM ETWAS PASSIERT, NICHT EINMAL EIN BLECHSCHADEN IST ZU BEKLAGEN.

Mit einem Wunder hat dies alles jedoch nichts zu tun; vielmehr ist der Ablauf des Unfalls nach dem Reifenschaden eiskalte Berechnung: Ausgestattet mit Radar-Abstandshaltern, Laser-Scannern, Stereokamera, GPS-Navigation und vielem mehr haben die Autos selbstständig das Unfallgeschehen wahrgenommen und untereinander ihre

"In 50 Jahren werden wir im Wesentlichen unfallfreie Fahrzeuge haben!"

Ausweichmanöver aufeinander abgestimmt. Sogar der Wagen mit Reifenplatzer konnte von seinen integrierten Fahrsystemen vor einem Einschlag in die Leitplanke bewahrt werden; und dass der rückwärtige Verkehr vor dem sich bildenden Stau gewarnt wurde, versteht sich von selbst. So schön sich diese Zukunftsvision liest, so schwer ist sie in der Umsetzung. Denn den Autos beizubringen, die Umgebung wahrzunehmen, Entfernungen abzuschätzen und gemäß der sich bietenden Situation zu handeln, stellt höchste Anforderungen an die beteiligten Ingenieure und Informatiker.

Um der Bewältigung dieser Aufgaben zumindest auf finanzieller Seite den Weg zu ebnen, hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) zum 1. Januar 2006 einen Sonderforschungsbereich (SFB) zum Thema kognitive, also wahrnehmungsfähige, Fahrzeuge eingerichtet. Innerhalb dieses Bereichs forschen die Universitäten Karlsruhes und Münchens sowie das Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung an sehenden und denkenden Autos, die sogar miteinander kommunizieren können.



Die Professoren Bernd Heising, Christoph Stiller, Peter Tropschuh und Walter Streit als Verantwortliche des Sonderforschungsbereichs

Professor Christoph Stiller, Leiter des Instituts für Mess- und Regelungstechnik (MRT) der Uni Karlsruhe und Sprecher des Sonderforschungsbereichs, ist überzeugt davon, dass kognitive Autos den Straßenverkehr revolutionieren

werden. „In 50 Jahren werden wir im Wesentlichen unfallfreie Fahrzeuge haben, alle Autos werden miteinander kommunizieren und ihre Wege aufeinander abstimmen, sodass keine Kollisionen mehr möglich sind.“

Neben den deutschen Forschern sind weltweit Wissenschaftler damit beschäftigt, intelligente Autos zu entwickeln. - Man kann also getrost sagen, dass die Beschäftigung mit einem solch futuristisch anmutenden Thema mittlerweile absolut keine Randerscheinung mehr darstellt.

SENSOREN ALS AUGEN DES AUTOS

Damit ein Auto unterscheiden kann, was ein Weg ist und wo vielleicht eine Mauer lauert, muss es in gewisser Weise menschenähnlich werden: Es muss Einrichtungen haben, die es ihm ermöglichen, die Umgebung wahrzunehmen. - Dies geschieht beim Menschen mit den Sinnesorganen Augen, Ohren, Nase, Haut sowie der Zunge; und auch das wahrnehmungsfähige Auto besitzt solche Sinnesorgane. Nur heißen diese hier Sensoren und sind in schier unglaublicher Vielfalt und Vielzahl vorhanden.

Das Interessante dabei ist, dass die Möglichkeiten solcher Sensoren mitunter weit über die menschlichen Fähigkeiten hinausgehen. - So kann beispielsweise ein Infrarotsensor Licht wahrnehmen, das für den Menschen nicht sichtbar ist oder ein Ultraschallsensor kann Töne hören, die für das menschliche Ohr viel zu hoch sind.

Natürlich haben die verschiedenen Sensoren auch gewisse Beschränkungen. So können beispielsweise Ultraschallsensoren nur für geringe Geschwindigkeiten eingesetzt werden, da Ultraschallwellen bei hohem Tempo einfach "weggeblasen" würden. Auch haben verschiedene Sensorarten unterschiedliche Auflösungsvermögen; die Auflösung ist im Grunde ein Maß für die



Frontbereich eines VW GolfV GTI, ausgestattet mit einem Laser-Scanner der Marke ibeo.

Bildquelle : THG Business

Detailgenauigkeit der aufgenommenen Daten. – Je detaillierter die Messung, umso differenzierter kann eine Entscheidung getroffen werden, aber gleichzeitig ist die Auswertung der gemessenen Daten im Rechner wesentlich komplexer.

WIE KANN DAS AUTO SEHEN?

Die Aufnahme des direkten Verkehrsraumes und der unmittelbaren Umgebung des Fahrzeuges kann mit einer Kamera erfolgen. Als Resultat liefert der Rechner ein zweidimensionales Bild der Umgebung, vergleichbar mit dem Fotoabzug einer gewöhnlichen Kamera. Allerdings wird so keine Information über die

"Wir sehen heute noch
nicht einmal so gut wie
eine Ameise"

tatsächliche Entfernung von Bäumen oder Autos geliefert, da das Bild eben nicht dreidimensional aufgenommen worden ist.

Um dennoch Tiefeninformationen zu erhalten, kann die Kamera mit einem Radar- oder Laser-Scanner kombiniert

werden. Hierbei werden elektromagnetische Wellen vom Fahrzeug ausgesendet und an vorhandenen Hindernissen reflektiert, sodass sie nach einer gewissen Zeit wieder auf dem Fahrzeug auftreffen. – Je größer die Zeitdifferenz zwischen Aussenden und Ankommen, desto größer der Abstand zum Hindernis.

Als weitere Möglichkeit bedient man sich erneut des Vorbilds Mensch: Der Mensch ist in der Lage, dreidimensional zu sehen, da er zwei Augen hat. So hat er im Grunde genommen zwei verschiedene Perspektiven, aus denen das Gehirn ein einziges, dreidimensionales Bild zusammensetzt. Die Idee, auch zur Umgebungswahrnehmung bei Fahrzeugen zwei Kameras einzusetzen, ist daher fast zwingend – und führte zu einem sogenannten Stereo-Videosensor, der am Institut für Mess- und Regelungstechnik Karlsruhe entwickelt wurde.

Durch die Verwendung vieler verschiedener Sensoren hat man mittlerweile sehr viele Informationen über die Umgebung, die Lage des Fahrzeugs oder die Fahrzeugstabilität. Woran es derzeit noch ein wenig fehle, so

Mit GPS weltweit wissen, auf welchen 15 Metern man steht...

Stiller, sei die Begabung, diese Informationen auch zu verstehen: „Begrenzend ist unsere Fähigkeit, Bilder aus der Umgebung auszuwerten und zu interpretieren, wie ein Mensch das tut; wir sehen heute noch nicht einmal so gut wie eine Ameise und wir hoffen irgendwann einmal so gut zu sehen wie ein Mensch“.

Dass Ameisen durchaus gut sehen können müssen, zeigt ein Blick zurück ins Jahr 2005, denn dort hat das Forschungsteam der Universität Karlsruhe um Professor Stiller bei einer



Mit Sicherheit das intelligenteste Auto Karlsruhes - der "Ranger" vom Institut für Mess- und Regelungstechnik

Rallye der ganz besonderen Art zeigen können, wo es mit seinen Forschungen steht: Die sogenannte „Grand Challenge“ ist eine Wüstenrallye durch die Mojave Wüste Nevadas, bei der es weniger auf fahrerisches Können als auf die Technik des Fahrzeuges ankommt; denn Fahrer gibt es bei dieser Rallye nicht. Vielmehr steuern die Autos selbstständig durch die Einöde, mit dem Ziel, eine Strecke von etwa 300 Kilometern von Los Angeles nach Las Vegas zu überwinden. Zwar blieb der Wagen des einzigen Teams mit deutscher Beteiligung nach etwa 40 km mit einem Defekt liegen, doch konnte er sich mit diesem Ergebnis bereits einen hervorragenden 10. Platz von ursprünglich 195 Mitbewerbern sichern. Das Fahrzeug, zu dessen Ausstattung Ultraschall-Sensoren, Laser-Scanner und GPS-Navigation gehören,

nimmt außerdem seine Umgebung mit Hilfe des besagten Stereo-Videosensors wahr. – Ausgehend von der aktuellen Position des Fahrzeuges ermittelt eine Software aus den aufgenommenen Rohdaten den Weg zu einer nächsten Position, der so eben wie möglich verläuft, also keine Hügel oder Senken hat. In dieser Art und Weise handelt sich das Fahrzeug von Punkt zu Punkt und entscheidet immer auf die Situation bezogen, welcher Weg der günstigste ist. Diese Entscheidungen beeinflussen jedoch ausschließlich die direkte Wegfindung vor der Windschutzscheibe – für die Grobnavigation, also die Festlegung der übergeordneten Route, ist die GPS-Einheit zuständig. GPS steht für „Global Positioning System“, und hier ist der Name Programm: Weltweit kann ein GPS-Gerät die aktuelle Position auf bis zu 15 Meter genau bestimmen, sodass eine relativ genaue Abgleichung der Fahrzeugposition mit digitalem Kartenmaterial möglich ist.

Vom ABS zum SPRECHENDEN AUTO

Nun mag ein wirklich komplett autonom fahrendes Fahrzeug noch Zukunftsmusik sein, doch werden bereits heute viele kognitive Systeme im Automobilbereich eingesetzt, die eine deutliche Verbesserung der Fahrsicherheit mit sich gebracht haben. Bereits das alteingesessene Anitblockiersystem, das zum ersten Mal 1978 als ABS von Bosch auf den Markt kam, ist ein intelligent eingreifendes System. – Schließlich kann es durch entsprechende Raddrehzahlsensoren herausfinden, ob die Räder beim fahrenden Fahrzeug blockieren; wenn ja, löst in bestimmten Intervallen die Bremse, um ein Rutschen des Autos zu verhindern und die Lenkbarkeit zu gewährleisten. Kurz gesagt: Obwohl der Fahrer durchgängig die Bremse tritt, entscheidet sich das System selbstständig dazu, diese zu lösen.

Das Auto der Zukunft geht selber in die Fahrschule

Die elektronische Stabilitätsregelung ESP kombiniert das ABS mit einer Anti-Schlupf-Regelung und kann außerdem gezielt einzelne Räder abbremsen. So kann ein Schleudern des Fahrzeuges gezielt verhindert werden.

In Kürze wird außerdem das sogenannte ESP+ auf den Markt kommen, das neben dem Bremsengriff auch einen Lenkeingriff vornehmen kann und so die Wirkung zum einen noch verstärkt und zum anderen das Eingreifen weniger abrupt geschehen lässt.

In Frankreich hat man sich auch schon mit optischen Sensoren angefreundet: Sechs Infrarotsensoren sorgen beispielsweise im Oberklassemodell Citroën C6 dafür, dass der Fahrer über ein versehentliches Überfahren einer Fahrbahnmarkierung informiert wird: Da Fahrbahnmarkierungen das infrarote Licht anders reflektieren als der Fahrbahnbelag, können die Sensoren zwischen Markierung und Teer unterscheiden. Überfährt nun der Fahrer mit über 80 km/h, ohne den Blinker angeschaltet zu haben, eine gestrichelte oder durchgezogene Linie, so vibriert der Fahrersitz an der Seite, wo die Linie überfahren wurde.

Die Aufgabe, dem Fahrer bei der Führung des Wagens zu helfen, haben auch zwei Systeme aus den Häusern BMW und Mercedes: Nachtsichteinrichtungen ermöglichen es dem Fahrer, auf einem Bildschirm mehrere hundert Meter weit zu blicken, sodass Menschen oder Hindernisse um ein Vielfaches früher gesehen werden können. – Die Mercedes S-Klasse geht sogar noch einen Schritt weiter in diese Richtung, denn sie kann bereits selbstständig eine Notbremsung einleiten, wenn ein Unfall unvermeidbar wird.

Doch nicht immer ist der Blick der Kameras nach außen gerichtet. – Nein, auch der Fahrgastraum steht bei einigen Entwicklungen unter überwachender Beobachtung. So beschäftigt sich ein Forschungsprojekt mit der Erkennung von Konzentrationsschwächen und Müdigkeit des Fahrers. Hierfür werden zwei digitale Kameras ins Armaturenbrett integriert, die

Kopfbewegungen, Gesichtszüge und Anzahl der Lidschläge aufzeichnen.

Je nach ermitteltem Konzentrationsgrad wird der Fahrer zunächst durch optische, später auch durch akustische Signale gewarnt. – Mit diesem System soll einmal der gefährliche Sekundenschlaf verhindert werden.

Woran aktuell auch am Institut für Mess- und Regelungstechnik Karlsruhe intensiv geforscht wird, ist die sogenannte Verhaltensgenerierung für Fahrzeuge, also die Fähigkeit eines Fahrzeuges, wirklich Entscheidungen zu treffen. Denn was nutzt es schließlich, alles über die Fahrzeugumgebung zu wissen, wenn nicht daraus eine tatsächliche logische Handlung erfolgt.

„Wir unterscheiden in der Wissenschaft gerne in fertigkeitbasiertes Verhalten, regelbasiertes Verhalten und als höchste Stufe das wissensbasierte Verhalten, wobei wir uns bei letzterem noch ein wenig schwer tun“, so Professor Stiller. Diese Unterteilung macht nicht nur für Maschinen, sondern auch für den Menschen Sinn: Unter den Begriff des fertigkeitbasierten Verhaltens fallen z.B. die kleinen Lenkbewegungen auf der Autobahn, die jeder Fahrer unterbewusst macht, um das Auto stabil fahren zu lassen. Das regelbasierte Verhalten legt einer Handlung klare Regeln zugrunde, die je nach Situation befolgt werden müssen. Dazu gehört das Anhalten an der roten Ampel oder das Stoppen am Stoppschild. – Diese beiden ersten Handlungsweisen kann man in der Technik bereits relativ gut umsetzen, indem man dem Fahrzeug dieselben Regeln lehrt, die man in der Fahrschule selber einmal gelernt hat; Voraussetzung ist natürlich, dass der Wagen die Situation auch richtig erkennt.

Schwieriger wird die Umsetzung des wissensbasierten Verhaltens, das man als Abschätzen von vielen Möglichkeiten und letztendlich einer Entscheidung für hoffentlich die beste dieser Möglichkeiten beschreiben kann.

Als wäre eine selbstständige Entscheidungsfindung nicht schon komplex genug, forscht man am Institut für Mess- und Regelungstechnik Karlsruhe bereits an der nächsten Stufe

intelligenten Fahrzeugverhaltens: der Kommunikation. Denn geht es nach dem Team um Professor Stiller, so werden die Fahrzeuge der Zukunft nicht nur selber ihre Umgebung wahrnehmen, sondern das Gesehene auch mit anderen Fahrzeugen in der Umgebung teilen und letztendlich auch ihre Fahrwege aufeinander abstimmen. So soll eines Tages wirklich ausgeschlossen werden, dass Fahrzeuge miteinander, mit Fußgängern, Fahrradfahrern oder Hindernissen kollidieren. – Das zu erreichen, ist der stille Traum des Autoentwicklers von heute.

VON OBEN KONTROLLIERT

Doch sind bei allen Chancen, die uns die Entwicklung intelligenter Systeme versprechen, auch die Risiken nicht außer Acht zu lassen; und diese sind ebenso vielfältiger Natur wie die Technik selbst: Wer garantiert dem „Piloten“ eine fehlerfreie Funktion des Systems? Wird die Verantwortung nicht zu weit vom Fahrer weggenommen? Fahren bald nur noch intelligente Autos mit halbschlafenden Insassen über Deutschlands Straßen?

Wenn man an die vielen Komfortsysteme im Automobilbereich denkt, die innerhalb der letzten Jahre immer stärker in Autos integriert wurden, so hat man augenblicklich auch die Fehlfunktionen dieser Systeme im Kopf: Im Auto eingeschlossene Passagiere, die sich nur durch die Fenster retten können oder eigenwillig handelnde Fensterheber, die während eines Herbstgewitters willkürlich die Scheiben herunterlassen, sind da nur zwei Beispiele unter vielen. Mit diesen Erfahrungen im Hinterkopf fragt sich der Verbraucher sicherlich zu Recht, ob man solchen Steuerungen tatsächlich die Vollmacht über das Fahrzeug überlassen sollte.

Professor Stiller trifft gerade hier eine entscheidende Differenzierung: „Im Bereich der Sicherheitselektronik, von der wir auch sehr viel im Fahrzeug haben, sind solche Ausfälle nicht bekannt. – Sowohl ESP als auch ABS-Elektronik funktioniert einfach; wenn sie nicht funktioniert, schaltet sie gänzlich ab, aber das Auto kann weiterfahren. – In diesem Bereich hat man ein ganz

anderes Sicherheitsniveau erreicht.“

Auch die Computer, die letztendlich für das intelligente Entscheiden verantwortlich sind, kann man nicht mit dem heimischen PC vergleichen. Die als Steuergeräte bezeichneten Systeme sind bei Weitem nicht so absturzgefährdet wie beispielsweise Microsoft Windows.

Dennoch – eine hundertprozentige Garantie kann und wird kein Hersteller für ein selbstständig fahrendes Fahrzeug geben können – und genau da kommt die Frage ins Spiel, wer letztendlich die Verantwortung für die Intelligenz des modernen Autos übernehmen wird.

In den aktuellen Systemen ist der Fahrer stets die letzte entscheidende Instanz und trägt die volle Verantwortung für alles, was mit dem Fahrzeug geschieht. – So ist beispielsweise beim Parkassistenten, der bei einigen Autos eingebaut ist, zwar die Lenkkontrolle in die Hände des Autos gelegt, Gas und insbesondere die Bremse verbleiben jedoch beim Fahrer.

Trotzdem ist die Gefahr vorhanden, dass sich der Fahrer allzusehr auf seine intelligenten Einrichtungen verlässt und dadurch selber weniger aufmerksam fährt. Auch könnten Einrichtungen wie der AFIL-Spurassistent von Citroën dazu führen, dass sich Autofahrer eher mal müde hinters Steuer setzen und davon ausgehen, dass sie beim Überfahren einer Linie schon im wahrsten Sinne des Wortes wachgerüttelt werden.

Als große Unbekannte für den wirtschaftlichen Erfolg solcher Systeme ist sicherlich die Akzeptanz beim Verbraucher zu betrachten. Denn die beste Entwicklung ist schließlich sinnlos, wenn sie nicht gekauft wird. Und gerade hier wird es wichtig sein, das leicht ramponierte Image elektronischer Hilfen wieder aufzupolieren.

Hinsichtlich der Akzeptanz ist unbedingt auch die Frage zu stellen, was mit all den vom Fahrzeug aufgenommenen Daten geschehen wird. Denn rein technisch wäre ein permanentes Mitschreiben beispielsweise der Geschwindigkeit mit direkter Übertragung an die verantwortliche Kreispolizeibehörde kein Problem. – So müssen klare Grenzen

gesetzt werden, die dem Autofahrer garantieren, nicht zum gläsernen Menschen zu werden, dessen Schritte jederzeit nachvollzogen werden können.

Die eigentliche Zielsetzung der Forscher ist ohne Frage über jeden Zweifel erhaben, wäre es doch sicherlich nicht nur der Traum jedes Autoentwicklers sondern insbesondere

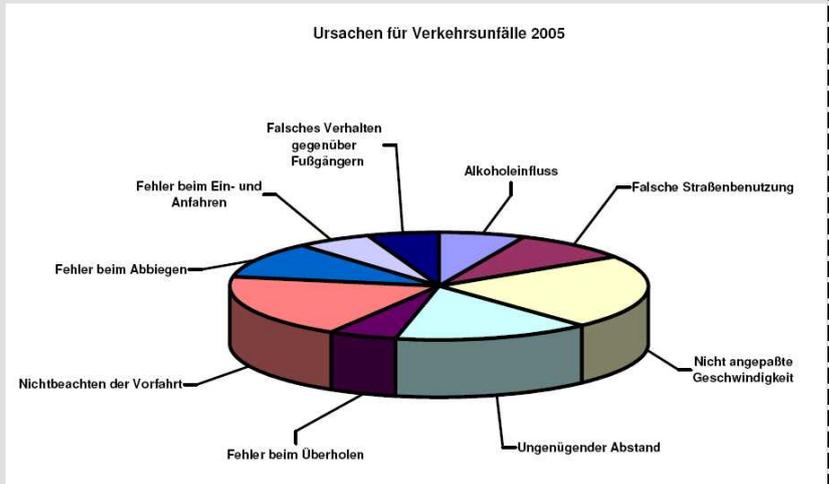
der Traum eines jeden Autofahrers, unfallfrei und ohne Angst im Auto zu reisen. - Und vielleicht sind es ja irgendwann wirklich nur noch die Reifenplätzer, vor denen man sich als Autofahrer fürchten muss; dann allerdings nicht auf Grund eines drohenden Unfalls, sondern nur noch wegen des lauten Knalls...

Tobias Pinner

INFOBOX: UNFALLURSACHEN

Obwohl die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden bereits seit mehreren Jahren rückläufig ist, verunglücken noch immer täglich über 1000 Autofahrer auf Deutschlands Straßen. Der Rückgang ist überwiegend auf verbesserte Sicherheitsausstattung der Fahrzeuge zurückzuführen, Airbags, ABS und ESP haben hier wesentliche Beiträge geleistet.

Der Einsatz moderner, intelligenter Fahrsysteme kann und wird die Zahl der Unfälle noch deutlicher reduzieren:



NICHT ANGEPASSTE GESCHWINDIGKEIT

Unfallursache Nummer eins: Überhöhte Geschwindigkeit in zu engen Kurven, Aquaplaning auf der Autobahn, Rutschen auf spiegelglatter Fahrbahn sind die bekanntesten Beispiele, die sicherlich jeder Autofahrer in Ansätzen bereits erlebt hat.

Mit einer Auswertung der Fahrzeugumgebung und der Straßenverhältnisse könnte diese Art von Unfällen verhindert werden. - Hierzu gehören beispielsweise Laser-Scanner und Stereo-Kamera.



NICHTBEACHTEN DER VORFAHRT

Oft ist es ein einfaches Übersehen des Vorfahrtberechtigten und die Geschwindigkeit herannahender Fahrzeuge werden insbesondere nachts oft unterschätzt, auch schlechte Sicht spielt eine Rolle; freiwilliges Tagfahrlicht soll die Situation verbessern.

Ein Kommunizieren der Fahrzeuge untereinander würde bedeuten, dass Überschneidungen von Fahrwegen praktisch ausgeschlossen werden könnten. Am konkreten Beispiel hieße das, dass ein Fahrzeug ein Einbiegen auf die Straße selbsttätig verhindert, sollte sich darauf ein anderes Auto zu schnell nähern.

UNGENÜGENDER ABSTAND

Mangelnder Sicherheitsabstand auf Autobahnen ist ein viel diskutiertes Sicherheitsrisiko. Die Verschärfungen der Strafen zum 1. Mai 2006 sollen den Autofahrer bezüglich dieser Thematik noch weiter sensibilisieren.

Abstandsregelsysteme wie beispielsweise in der Mercedes S-Klasse bieten bereits heute einen hervorragenden Schutz vor zu geringem Abstand, wenn sie denn aktiviert werden. Umgesetzt werden diese auf Basis von Radar-Entfernungsmessern oder Infrarot-Sensorik

