

Überholmanöver-Prädiktion
über CAN-Bus-Daten

Um dem Konflikt zwischen Unterstützung und Bevormundung von Fahrerassistenzsystemen zu beheben, muss der Fahrer selbst stärker in der Systemregelung berücksichtigt werden. Am Institut für Arbeitswissenschaft der Universität der Bundeswehr München wird daher an der Vorhersage von Fahrerabsichten geforscht, durch die deutlich gezieltere Fahrerassistenz möglich ist. Der Beitrag beschreibt die Entwicklung eines Algorithmus, der basierend auf aktueller Seriensensorik, Überholmanöver mit hoher Zuverlässigkeit vorhersagen kann.

1 Einleitung

Die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen im Bereich der Längs- und Querführung führt zunehmend zu einer Übernahme der Fahraufgabe durch das System. Während erste Tempomaten nur eine vorgegebene Geschwindigkeit halten konnten, berücksichtigen heutige Abstandsregeltempomaten vorausfahrende Fahrzeuge und ermöglichen eine Fahrzeugführung im gesamten Geschwindigkeitsbereich. Dabei werden bald auch Längsbeschleunigungen bis hin zur Notbremsung geregelt, **Bild 1**.

Die Entwicklung von Assistenzsystemen im Bereich der Querführung lässt ähnliche Züge und Ziele erkennen. Mit Entwicklung einer ausreichend guten Spurerkennung kamen „Lane Departure Warning“-Systeme (LDW) auf den Markt, die den Fahrer auf das Verlassen der Fahrspur aufmerksam machen sollen. Die Weiterentwicklung führt von einer richtungsunspezifischen Warnung zu Heading-Control Systemen, die über gezielte Lenkmomente am Lenkrad Teile der Querführungsaufgabe übernehmen. Je nach Ausprägung geschieht dies nur am Spurrand (zum Beispiel VW Passat CC) oder auch als permanent unterstützende Funktion (zum Beispiel Lexus LS 460).

Zunehmend zeigt sich jedoch, dass die Übernahme der Fahraufgabe durch das System nicht automatisch eine Entlastung des Fahrers darstellt. Zwar bieten Spurhalteassistenten eine gewisse Unterstützung, der Fahrer muss nun aber permanent die richtige Funktionsweise des Systems kontrollieren und außerdem immer wieder korrigierend eingreifen, wenn das System nicht seiner Vorstellung von Querregulierung entspricht.

Eine ähnliche Problematik besteht auch für die Spurverlassenswarnungen. Für aktuelle Systeme gilt, dass bei einem

Spurwechsel entweder geblinkt oder gegen das System gearbeitet werden muss. Verkehrsbeobachtungen [1] zeigen, dass nur bei etwa der Hälfte der Spurwechsel auf Autobahnen und bei einem Drittel im Stadtverkehr tatsächlich geblinkt wird.

In einer Studie fanden LeBlanc et al. [2] dementsprechend, dass 26 % der Spurverlassenswarnungen eines LDW-Systems durch Spurwechsel verursacht wurden. Alkim et al. [3] folgern, dass LDW-Systeme zwar effektiv, aber wegen der vielen Warnungen auch als störend beurteilt werden. Dabei entsteht für „Blinkmuffel“ nicht nur ein Akzeptanzproblem. Fehlwarnungen führen auch zu einer Verringerung des Warncharakters, was verzögerte Reaktionen des Fahrers nach sich zieht [4] und somit den potenziellen Sicherheitsgewinn eines Systems wieder reduziert.

Kompass und Huber [5] fassen es in ihren Regeln für gute Fahrerassistenz zusammen: Fahrerassistenzsysteme sollen zwar unterstützen, dürfen aber nicht bevormunden oder unnötig warnen. Die Souveränität des Fahrers muss stets gewahrt bleiben.

Das zugrundeliegende Problem besteht oft in den Eingangsgrößen der jeweiligen Systemregelung. Da Autofahren eine Interaktion zwischen Umgebung, Fahrzeug und Fahrer darstellt, dürfen nicht nur Fahrzeug- und Umgebungsdaten zur Regelung genutzt werden. Vielmehr muss der Fahrer selbst in Form von „Sensoraten“ in die Datenfusion miteinbezogen werden oder zumindest das Systemverhalten nach seinen Wünschen konfigurieren können, damit das System nicht bevormundet. Dies kann auf verschiedene Arten passieren: Durch Berücksichtigung des Fahrertyps, der Fahrerabsicht und auch des Fahrerzustands.

Die erste Möglichkeit, der Fahrertyp, wird schon heute durch immer mehr Ein-

Die Autoren



Dipl.-Psych.
Christoph Blaschke
ist Wissenschaftlicher
Mitarbeiter im
Forschungsgebiet
Fahrerabsicht- und
Fahrerzustandserken-
nung am Institut für
Arbeitswissenschaft
der Universität der
Bundeswehr in
München.



Dipl.-Ing.
Josef Schmitt
ist Wissenschaftlicher
Mitarbeiter im For-
schungsgebiet Fahr-
rerassistenzsysteme
am Institut für Arbeits-
wissenschaft der Uni-
versität der Bundes-
wehr in München.



Prof. Dr.
Berthold Färber
ist Leiter des Instituts
für Arbeitswissen-
schaft an der Univer-
sität der Bundeswehr
in München.

ATZ Peer Review

Das Gütesiegel für
wissenschaftliche
Beiträge in der ATZ.
Von Experten aus
Forschung und Industrie begutachtet.

Eingegangen 14. Juli 2008

Gepflicht 22. August 2008

Angenommen 2. September 2008

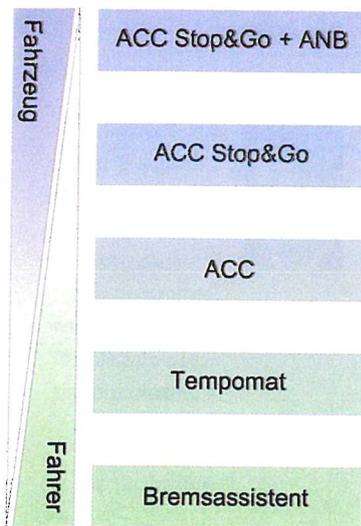


Bild 1: Teilung der Längsführungsaufgabe zwischen Fahrer und Fahrzeug

stellmöglichkeiten wie zum Beispiel die Wunschdistanz beim ACC und dem Warnzeitpunkt beim LDW berücksichtigt.

Im Bereich „Fahrerzustand“ sind erste Müdigkeitswarner (zum Beispiel „Driver Alert Control“ von Volvo) auf dem Markt, die längerfristige Leistungseinbrüche des Fahrers erkennen sollen. Geforscht wird auch an Möglichkeiten, kurzfristige Aufmerksamkeitsdefizite des Fahrers aufgrund von Nebentätigkeiten zu erkennen [6].

Besonders die Fahrerabsichtserkennung bietet bei der Verbesserung der oben angesprochenen Probleme diverse Möglichkeiten. Fahrerabsicht ist, bezogen auf die Handlungsebenen der Fahrzeugführung, in allen drei Ebenen zu finden, spielt aber auf der Navigationsebene in Form von Routenplanung nur eine untergeordnete Rolle. Deutlich wichtiger sind Fahrerabsichten auf Führungsebene, also die intendierten Fahrmanöver, sowie auf der Stabilisierungsebene.

Bereits heute finden sich einfache Fahrerabsichtsvorhersagen wie zum Beispiel „Bremsen“ in Bremsassistenten. Die hohe Geschwindigkeit des „Loslassens“ des Fahrpedals ist ein typisches Verhalten in Notbremsituationen, von dem mit wenigen Zusatzinformationen verlässlich auf die Bremsabsicht des Fahrers geschlossen werden kann [7].

Über Fahrmanövervorhersagen auf Bahnführungsebene könnten sowohl Quer- als auch Längsführungsassistenten angepasst werden. So könnte über die In-

formation eines zeitnahen Überholvorgangs eine Spurverlassenswarnung unterdrückt werden und zwar unabhängig von der unzuverlässigen Fahrerabsichtserkennung über die Betätigung des Fahrtrichtungsanzeigers. Das System wäre somit deutlich fahrerfreundlicher. Allerdings ist eine derartige Überholvorhersage nicht nur wegen des großen Zeithorizonts komplex. Problematisch ist vor allem, dass im Überholvorgang keine allgemeingültigen und singulären Verhaltensweisen wie das schnelle Loslassen des Fahrpedals existieren. Ein Überholen ist vielmehr durch ein Zusammenspiel verschiedener Umgebungs- und Fahrerfaktoren gekennzeichnet, die es zu finden und interpretieren gilt.

Aufgrund der angesprochenen Komplexität zeigen sich in der Fachliteratur zwei verschiedene Herangehensweisen bei dem Versuch, Fahrmanöver im Fahrzeug vorherzusagen. Zum einen finden sich Studien [8-10], in denen selbstlernende Algorithmen verwendet wurden. Oliver und Pentland [8] waren zum Beispiel über Hidden-Markov Modelle in der Lage, aufgezeichnete Überholmanöver etwa eine Sekunde vor der Durchführung mit hoher Zuverlässigkeit vorherzusagen. Dabei erfolgte – wie in vielen anderen Studien – keine Überprüfung der falsch-positiven Vorhersagen, das heißt der Anzahl fälschlicherweise vorhergesagter Überholmanöver. Außerdem wurde der Algorithmus nicht in anderen Situationen und mit anderen Fahrern validiert, so dass über eine Generalisierbarkeit dieser Ergebnisse keine Aussage getroffen werden kann.

Dem gegenüber stehen Studien mit einem theoretisch-orientierten Vorgehen [11,12], wie zum Beispiel die Arbeiten von Salvucci (zum Beispiel[11]), in denen aufbauend auf kognitiven Fahrermodellen 85 % der Spurwechsel erkannt werden

konnten. Diese Untersuchungen fanden aber nur im Simulator statt.

Im Folgenden wird die Entwicklung eines eigenen Algorithmus zur Vorhersage von Überholmanövern beschrieben, der beispielsweise dazu genutzt werden kann, unberechtigte Spurverlassenswarnungen unabhängig vom Fahrtrichtungsanzeiger zu unterdrücken.

2 Vorbild des guten Beifahrers

Theoretisches Vorbild für den strukturellen Aufbau des Algorithmus ist ein „guter Beifahrer“. Dieser ist im Stande zu differenzieren, ob der Fahrer unaufmerksam von der Straße abkommt oder ob er zu einem Überholmanöver ansetzt. Dabei schafft er es bei hoher Zuverlässigkeit, wenig falsche Vorhersagen zu machen. Doch woran kann ein Beifahrer erkennen, dass der Fahrer gleich überholen wird?

Die vom Fahrer benötigten Informationen zum Entschluss der Durchführung des Manövers stammen im Falle eines „Überholens“ überwiegend aus der Verkehrssituation, was auch den Beifahrer in die Lage versetzt, das Manöver vorherzusagen. Ist die Erfassung der relevanten Indikatoren über Fahrzeugsensorik möglich, sollte also auch die Absicht maschinell präzisiert werden können.

Psychologische Handlungsmodelle wie das Rubikon-Modell [13] helfen zu verstehen, wie Menschen die Intention für eine Handlung bilden, den Entschluss zur Handlung fassen und diese anschließend durchführen. Anlehnend an die Phasen dieses Handlungsmodells wurden zunächst Indikatoren bestimmt, die auch aus technischer Sicht prinzipiell zur Vorhersage genutzt werden könnten.

Nach Aufstellen der Indikatoren wurde in einem weiteren Schritt betrachte-

Tabelle 1: Linguistische Variablen der Fuzzy-Sets

Indikator	Fuzzy-Set
Abstand Ego- zu Vorderfahrzeug	klein – normal – groß
Differenzgeschwindigkeit	groß – mittel – nahe null – negativ
Bremsdruck Egofahrzeug	kein Bremsen – klein – mittel – hoch
Fahrpedalwert Egofahrzeug	nahe null – klein – mittel – hoch – sehr hoch
Fahrpedalgeschwindigkeit Egofahrzeug	negativ – normal – kickdown

Tabelle 2: Beispiele für Regeln im Fuzzy-System – die Teilprämissen sind über „und“-Verknüpfungen verbunden; die Permutationen aller linguistischen Ausprägungen lassen sich in 100 sinnvollen Regeln zusammenfassen, die alle gleich gewichtet sind

Teilprämissen					Konklusion
Abstand	Differenzgeschwindigkeit	Bremsdruck	Fahrpedalwert	Fahrpedalgeschwindigkeit	
...					
normal	nahe null	kein Bremsen	klein	normal	Straße folgen
normal	mittel	kein Bremsen	hoch	normal	überholen
nah	mittel	mittel	nahe null		Straße folgen
fern	groß	kein Bremsen	sehr hoch	kickdown	überholen
...					

welche dieser Indikatoren schon heute über die Sensorik in einem aktuellen Oberklasse-Fahrzeug erfassbar sind und die Auswahl auf diese reduziert.

Daraufhin war es nötig, repräsentative Daten über das Fahrerverhalten bei Überholmanövern und bei normalen Folgefahrten ohne Überholen zu gewinnen. In einem ersten Feldexperiment befuhrten dazu 28 Versuchspersonen im Alter zwischen 22 und 65 Jahren eine Landstraße mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, wobei ein vorausfahrendes Fahrzeug teils mit gleicher Geschwindigkeit, teils 30 km/h langsamer als die vorgegebene Richtgeschwindigkeit fuhr. Die Versuchspersonen waren instruiert, vorausfahrende Fahrzeuge überholen zu dürfen. Durch dieses Vorgehen konnten Messdaten von 43 Überholmanövern gewonnen werden. Als Referenz dienten die Fahrzeugdaten der Fahrten, bei denen das Vorderfahrzeug nicht überholt wurde, beziehungsweise in denen das eigentliche Versuchsfahrzeug instruktionsbedingt abgebogen war.

Manöverselektiv wurden Häufigkeitsverteilungen der Indikatoren aufgestellt. Dabei zeigten sich folgende Indikatoren als relevant:

- Abstand zwischen Ego- und Vorderfahrzeug
- Differenzgeschwindigkeit zwischen Ego- und Vorderfahrzeug
- Bremsdruck Egofahrzeug
- Fahrpedalwert Egofahrzeug
- Fahrpedalgeschwindigkeit Egofahrzeug

Um der Analogie des menschlichen Vorhersageprozesses beziehungsweise der Verknüpfung von Informationen und

dem Prozess des Schlussfolgerns weiter zu folgen, wurde zur Integration der einzelnen Indikatoren die von Zadeh entwickelte Fuzzy-Logik gewählt [14]. Ähnlich wie beim menschlichen Schlussfolgern werden auch hier unscharfe Eingangsgrößen (zum Beispiel „normaler bis kleiner Abstand zum Vorausfahrenden“) über Regeln miteinander verknüpft, die dann Zugehörigkeitswahrscheinlichkeiten für verschiedene Ausgangszustände und damit eine Vorhersage liefern.

Das Fuzzy-System wurde mit Hilfe von Matlab (The MathWorks) realisiert. Für alle Indikatoren wurden Fuzzy-Sets aufgestellt, **Tabelle 1**. So wurde der Abstand zu einem Vorausfahrenden zum Beispiel in die Bereiche „groß“, „normal“ und „klein“ eingeteilt. Für diese linguistischen Variablen konnten dann über die oben genannten Häufigkeitsverteilungen Zugehörigkeitsfunktionen definiert werden. Des Weiteren wurden alle sinnvollen Permutationen der Fuzzy-Sets zu einem Regelwerk mit insgesamt 100 gleich gewichteten Regeln zusammengestellt, die zwischen den Konklusionen „Straße folgen“ beziehungsweise „Überholen“ differenzierten, **Tabelle 2**. Als Inferenz-Methode wurde „Mamdani“ ausgewählt („Minimum“-Implikation, „Maximum“-Akkumulation, „Centroid“-Defuzzifikation).

Das damit vollständige Fuzzy-System wurde zunächst auf die durchgeführten Versuchsfahrten angewandt. **Bild 2** zeigt beispielhaft verschiedene CAN-Signale und die Vorhersage des Algorithmus während eines Überholmanövers.

Zwei Maße dienten zur Bestimmung der Vorhersagegüte. Zum einen wurde überprüft, in wie vielen der 43 Überhol-

WWW.VIEWEGTEUBNER.DE

Grundlagen der Rennwagentechnik verstehen



Michael Trzesniowski

Rennwagentechnik

Grundlagen, Konstruktion, Komponenten, Systeme

2008. 873 S. mit 1228 Abb. (ATZ-MTZ Fachbuch) Geb. EUR 49,00
ISBN 978-3-8348-0484-6

Pressestimmen

„Für Technikaffine ein mehr als lohnenswerter Kauf.“

F1 Racing Sonderheft 01/2008

Fax +49(0)611.7878-420

Ja, ich bestelle

Exemplare
Rennwagentechnik
ISBN 978-3-8348-0484-6 EUR 49,00

Firma 321 08 568

Name, Vorname

Abteilung

Straße (bitte kein Postfach)

PLZ | Ort

Datum | Unterschrift

Geschäftsführer: Dr. Ralf Birkelbach, Albrecht F. Schirmacher
AG Wiesbaden HRB 9754



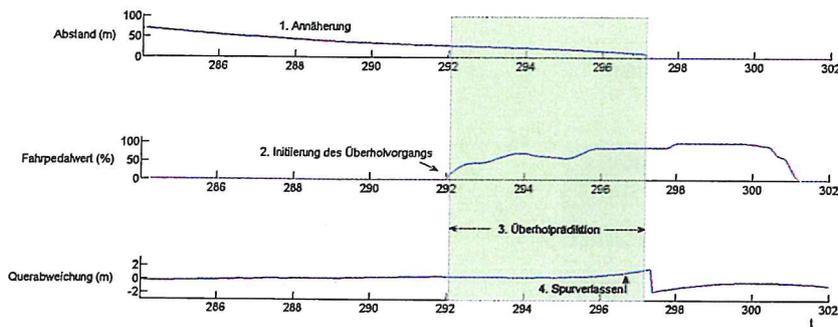


Bild 2: Beispiel für eine Überholprädiktion

manöver bei der eigentlichen Durchführung (operationalisiert durch das Verlassen der eigenen Fahrspur) ein Überholen vorhergesagt wurde. Schon hierbei zeigte sich eine gute Leistung, da das System 41 der 43 Überholmanöver (95 %) richtig vorhergesagte. Im Vergleich zu anderen Studien wurde anhand der „Straße folgen“-Messungen auch überprüft, wie oft es zu Fehlprädiktionen (also Überholmanövervorhersagen trotz Folgefahrt) gekommen war. Dies war lediglich in 4 von 55 Versuchsfahrten der Fall (7 %).

Um die Information der Überholintention aber in einem LDW-System nutzen zu können bedarf es eines gewissen zeitlichen Vorlaufs – in diesem Fall einer Vorhersage vor dem Verlassen der eigenen Fahrspur. Daher diente als zweites Gütekriterium, wie lange die korrekt klassifizierten Überholmanöver vor dem Spurverlassen stabil vorhergesagt wurden, Bild 3. Der Algorithmus war in der Lage, im Mittel 2,3 Sekunden vor Verlassen der eigenen Spur das Überholen zu prädizieren.

Zusammenfassend leistete der vorliegende Algorithmus gute Ergebnisse. Offen blieb jedoch die Frage, ob die Leistung durch die standardisierte Situation zu erklären war oder ob das Fuzzy-Sys-

tem auch auf anderen Straßentypen und bei anderen Fahrern derartige Vorhersagen leisten konnte.

3 Validierung

Zur Validierung des Algorithmus wurde eine zweite Feldstudie durchgeführt. 28 Versuchspersonen im Alter zwischen 22 und 59 Jahren befuhren eine etwa 71 km lange Strecke über Landstraßen, auf der Autobahn und im Stadtverkehr, während permanent die für den Algorithmus relevanten Sensordaten auf dem CAN-Bus, sowie Videos einer Szenen- und einer Fahrerbeobachtungskamera aufgezeichnet wurden. Während der Fahrt tauchte mehrmals gezielt ein Fahrzeug auf, das durch geringere Geschwindigkeit Anreiz zum Überholen bot. Ein Versuchsleiter im Ego-Fahrzeug markierte alle durchgeführten Überholmanöver.

Nach Abschluss der Fahrten wurde der Algorithmus auf die Zeitpunkte der Fahrten appliziert, an denen schneller als 60 km/h gefahren wurde, um so den Wirkungsbereich eines LDW-Systems zu berücksichtigen. Über die Aufzeichnungen des Versuchsleiters und die Videodaten konnten die richtigen und die

„falsch positiven“ Vorhersagen extrahiert werden.

Tabelle 3 zeigt die absoluten Häufigkeiten der im Moment des Spurverlassens richtig und falsch prädizierten Überholmanöver auf Landstraßen. Es wird deutlich, dass das Fuzzy-Logik-System 147 von 156 (94,2 %) der Überholmanöver auf der Landstraße richtig vorhergesagt. Drei Überholmanöver werden als solche nicht erkannt, bei sechs Manövern wird die Absicht erst erkannt, nachdem die Linie schon überfahren wurde. Damit sind neun nicht erkannte Überholmanöver zu verzeichnen. Gleichzeitig wird in 16 Fällen ein Überholvorgang vorhergesagt, ohne dass dieser stattgefunden hat. Die Analyse der Video- und Fahrzeugdaten in diesen Situationen zeigt oft ein starkes Annähern an das Vorderfahrzeug. Ob der Fahrer in diese Situationen möglicherweise doch überholen wollte, dann aber vorzeitig abbrach, kann nicht mit Sicherheit bestimmt werden.

Analog zur ersten Studie wurde auch hier der zeitliche Vorlauf vor dem Verlassen der eigenen Fahrspur berechnet. Für 117 der 147 Überholmanöver konnte Fahrspurdaten mit so hoher Qualität erfasst werden, dass eine exakte Berechnung der Vorlaufzeit (vgl. Abb. 3) möglich war. Es zeigte sich, dass im Durchschnitt 2,1 Sekunden vor Verlassen der Fahrspur das Überholmanöver vorhergesagt werden konnte. Tabelle 4 zeigt die Verteilung der Überholmanöver nach Vorlaufzeiten.

Wie schon angesprochen begann bei sechs Manövern erst nach Verlassen der Spur die Prädiktion. In 30 von 123 Fällen (24,4 %) wurde bis zu einer Sekunde vor Spurverlassen das Manöver vorhergesagt. In 87 der 123 Fahrten (70,7 %) erfolgte die Prädiktion mindestens eine Sekunde vor Spurverlassen.

Obwohl das Fuzzy-System auf Landstraßendaten basiert, wurde der Algorithmus auch auf die Daten auf der Autobahn und im Stadtverkehr angewandt. Da hier keine klare Differenzierung zwischen Spurwechseln und Überholmanövern getroffen werden kann, ist es nicht möglich, eine exakte Klassifikation der nicht vorhergesagten Überholmanöver zu leisten. Es bleibt lediglich die Betrachtung aller aufgetretenen Vorhersagen. Von 128 Vorhersagen sind 108 (84,4 %)

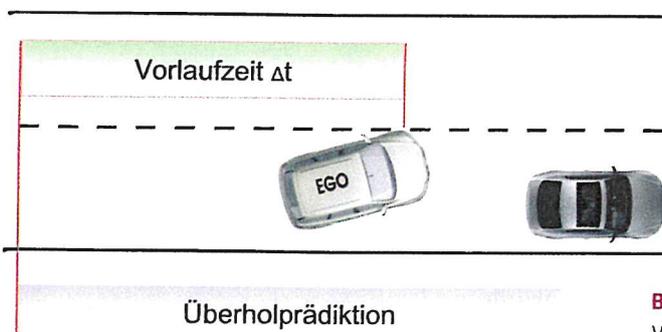


Bild 3: Gütekriterium Vorlaufzeit



Lorenz-Knoll-Design

Stellen Sie sich vor, Elektronik wäre orange ...

Orange – das ist die Farbe der aktiven Energie. Und die Farbe der Fachzeitschrift für den Bereich Automobil-Elektronik: **ATZelextronik**. Denn in kaum einer Branche gestalten sich Entwicklungen aktiver und dynamischer. ATZelextronik informiert 6 x im Jahr über neueste Trends und Entwicklungen. Auf wissenschaftlichem Niveau. Mit einzigartiger Informationstiefe. Als Abonnent profitieren Sie zusätzlich vom kostenlosen Download aller Fachbeiträge im Online-Fachartikelarchiv. Sichern Sie sich jetzt Ihr kostenloses Probe-Exemplar!



311 08 008

Ja, ich möchte die ATZelextronik jetzt gratis testen!

enden Sie mir unverbindlich die nächste Ausgabe der ATZelextronik zu. Möchte ich die Zeitschrift zum nach weiteren, brauche ich nichts weiter zu tun. Ich erhalte die Zeitschrift von nur € 10,- zzgl. Versandkosten. Das Abonnement kann ich jederzeit zur nächsten ibaren Ausgabe kündigen. Zuviel gezahlte Beträge für nicht gelieferte Ausgaben erhalte ück. Möchte ich nicht weiter lesen, melde ich mich innerhalb von 10 Tagen nach Erhalt obehafes schriftlich. (GWV-Fachverlage GmbH, Geschäftsführer: Dr. Ralf Birkelbach, ht F. Schirmacher, AG Wiesbaden HRB 9754.)

Firma Vorname/Name

Funktion Branche

Straße/Nr. PLZ/Ort

Datum/Unterschrift

Bitte schicken Sie mir regelmäßig ihren kostenlosen Newsletter an meine E-Mail-Adresse:

E-Mail

ch Coupon ausfüllen und faxen an 0611.7878-423 oder online bestellen unter www.ATZonline.de

Tabelle 3: Überholmanöver und Überhol-Prädiktionen auf Landstraßen

	Fahrmanöver	
	Überholen (156)	Straße folgen (16)
Prädiktion	Überholen	147
	Folgen	9

als richtig zu bewerten, das heißt der Fahrer überholt offensichtlich ein vorausfahrendes Fahrzeug. In 20 Fällen (15,6 %) scheint trotz Vorhersage kein Überholen stattzufinden.

4 Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse stimmen optimistisch. Über schon jetzt im Fahrzeug verfügbare Sensorik ist der auf dem menschlichen Vorbild basierende Fuzzy-Logik Algorithmus in der Lage, 94,2 % der Überholmanöver auf Landstraßen vorherzusagen. In 70,7 % der Überholmanöver scheint die Vorlaufzeit mit mehr als einer Sekunde vor Überfahren der Spurmarkierung ausreichend lang. Je nach Auslegung eines LDW-Systems könnte die Überholinformation auch noch mit Vorlaufzeiten von unter einer Sekunde nützlich sein.

Dies ist umso erfreulicher, da sowohl die Zuverlässigkeit der Vorhersage, als auch die Vorlaufzeit noch optimierbar sind. Bislang basieren die Zugehörigkeitsfunktionen auf den Daten des ersten Experiments und wurden noch nicht angepasst. Zusätzlich ist die Nutzung weiterer Indikatoren denkbar, die eine Vorhersage noch verbessern sollten. So geht bislang der Fahrtrichtungsanzeiger überhaupt noch nicht in den Algorithmus ein. Drei der sechs zu spät vorhergesagten Manöver wären dadurch früh genug detektiert

Tabelle 4: Vorlaufzeiten der Überholmanöver auf der Landstraße

	Absolut	Prozent
< 0,0 s	6	4,8
0,0 - 1,0 s	30	24,4
1,0 - 2,0 s	28	22,8
> 2,0 s	59	48,0
Gesamt	123	100

worden. Für die anderen drei Manöver wäre die zusätzliche Berücksichtigung des Lenkradwinkels denkbar.

Die Ergebnisse der Autobahn zeigen eine deutlich höhere Anzahl an Fehlprädiktionen und lassen auch eine größere Zahl an nicht vorhergesagten Spurwechseln erwarten. Aufgrund der Entwicklung des Algorithmus über Landstraßen-daten verwundert dies nicht.

Die Fehlvorhersagen sind dabei nicht zwangsläufig als kritisch zu beurteilen, da eine Unterdrückung der Spurverlassenswarnung vom Fahrer fast nie bemerkt werden wird. Eine Verbesserung im Bereich der nicht erkannten Spurwechsel ist aber für eine transparente Funktion notwendig. Daher werden weitere Studien folgen müssen, in denen ein ähnlicher Algorithmus für Spurwechsel auf der Autobahn entwickelt wird.

Die Kosten-Nutzen-Rechnung fällt aber schon jetzt sehr positiv aus, bedenkt man, dass mit der heute verfügbaren Hardware und wenig Software die Anzahl an Fehlwarnungen von LDW-Systemen deutlich reduziert werden kann.

Fahrerabsichtsvorhersagen allgemein bieten noch viel Potenzial bei der Verbesserung von Fahrerassistenzsystemen. Neben dem Anwendungsfall LDW sind auch Verbesserungen für „Blind Spot Warning“ oder ein Überholassistent denkbar. Andere Manövervorhersagen wie zum Beispiel „Abbiegen“ könnten bei der Entwicklung von Kreuzungsassistenten helfen.

Bevor Fahrzeuge vollkommen autonom die Quer- und Längsführung übernehmen, wird stets der Konflikt der ROLenteilung zwischen Fahrer und Fahrzeug herrschen. Bei fortschreitender Übernahme der Fahraufgabe durch das Fahrzeug wird eine Anpassung der Assistenzsysteme an den Fahrer wahrscheinlich sogar unabdingbar werden. Denn ein guter Beifahrer schaut nicht nur durch die Windschutzscheibe, sondern achtet auch darauf, was der Fahrer macht.

Literaturhinweise

- [1] Moetsch, M.: Blink mal wieder. AutoBild, 2005, 1 S. 18-20
- [2] LeBlanc, D., Sayer, J., Winkler, C., Ervin, R., Boga S., Devonshire, J., Mefford, M., Hagan, M., Bare ket, Z., Goodsell, R. & Gordon, T.: Road departure crash warning system field operational test: Methodology and results. Technical report, The University of Michigan Transportation Research Institut 2006. http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-12/RDCW-Final-Report-Vol.1_JUNE.pdf
- [3] Alkim, T.P., Bootsma, G. & Hoogendoorn, S.P.: Fie Operational Test „The Assisted Driver“. Intelligent Vehicles Symposium, S.1198-1203, 13-15 June 2007, Istanbul, Turkey
- [4] Zabyshny, A.A. & Ragland, D.R.: False Alarms an Human-Machine Warning Systems. UC Berkeley Traffic Safety Center, 2003. Paper UCB-TSC-RR-2003-07. <http://repositories.cdlib.org/its/tsc/UCI-TSC-RR-2003-07>
- [5] Kompass, K. & Huber, W.: Advanced Driver Assistance: Chances and Limitations on the Way to Improved Active Safety. SAE Technical Paper, No. 2007-01-1738, 2007
- [6] Blaschke, C., Färber, B. & Limbacher, R.: Online-detection of driver distraction. Proceedings of the 4th International Conference on Traffic and Transport Psychology, Washington D.C., USA, 1.- 4. September 2008
- [7] Schmitt, J. & Färber, B.: Verbesserung von FAS durch Fahrerabsichtserkennung mit Fuzzy Logic. In: Fahrer im 21. Jahrhundert, VDI-Bericht 1919, Düsseldorf: VDI-Verlag 2005
- [8] Oliver, N. & Pentland, A.P.: Graphical models for driver behavior recognition in a SmartCar. Proceedings of IEEE Conference on Intelligent Vehicles, Dearborn (MI), USA, 2000, S. 7-12
- [9] Kuge, N., Yamamura, T., Shimoyama, O., & Liu, A.: A driver behaviour recognition method based on a dri model framework. Proceedings of the 2000 SAE World Congress, Detroit (MI), USA, 2000, S. 469-47
- [10] Ohasi, K., Yamaguchi, T. & Tamai, I.: Humane aut motive system using driver intention recognition. Proceedings of the SICE Annual Conference in Sapporo, Japan, 2004, S. 1164-1167.
- [11] Salvucci, D.D.: Inferring driver intent: A case stud in lane-change detection. Proceedings of the Human Factors Ergonomics Society 48th Annual Meeting. Santa Monica, USA, 2004, S. 2228-223
- [12] Dagli, I., Brost, M. und Breuel, G.: Action recogni on and prediction for driver assistance systems using dynamic belief networks. Proceedings of th Conference on Agent Technologies, Infrastructure Tools and Applications for E-Services, Erfurt, Deutschland, 2002, S. 179-194
- [13] Heckhausen, H., Gollwitzer, P.M., Weinert, F.E.: Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Human-wissenschaften. Berlin: Springer Verlag 1987
- [14] Zadeh, L.A.: Fuzzy Sets. Information and Control, 8 (3), 1965, S. 338-353

Download des Beitrags unter www.ATZonline.de

ATZ
online

ATZ Read the English e-magazine
Order your test issue now:
SpringerAutomotive@abo-service.info

Fortschritte in der aktiven und passiven Sicherheit

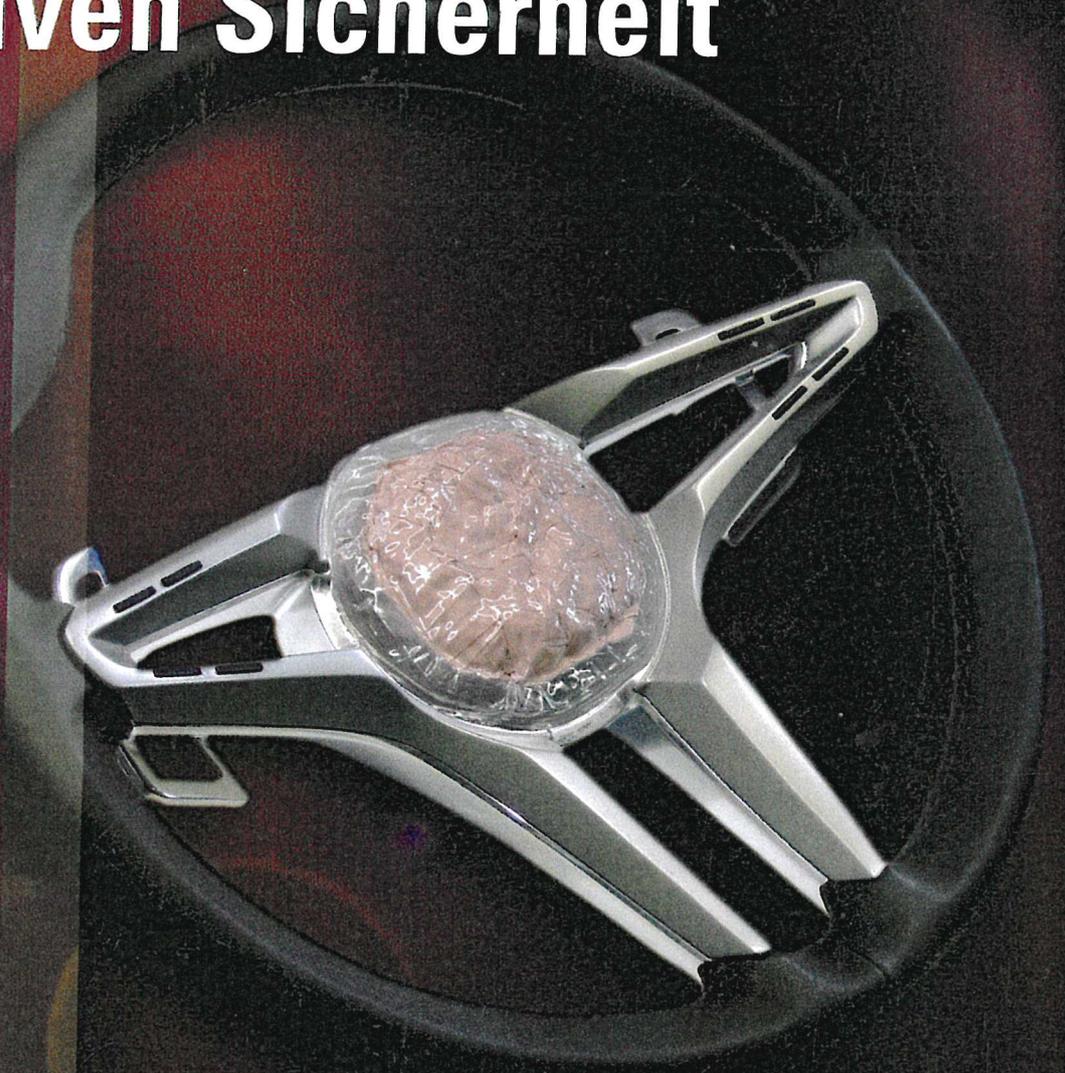
Dynamic Performance
Control von BMW

Sauerstoffsparpotenzial
durch Lenkung und Bremse

Neues Konzept für Mittel-
konsolen – Innovationen
für mehr Bedienkomfort

Überholmanöver-Prädiktion
über CAN-Bus-Daten

Verfahren zur Analyse
Bremsvorgänge bei
Reifenbremsen



GASTKOMMENTAR

»Auf dem Weg zur
elektronischen Knautschzone«

Dr. Rodolfo Schöneburg,
Daimler AG



INTERVIEW

»Wir müssen die Maschine
dem Menschen anpassen«

Dr. Werner Koch, Ford
Forschungszentrum Aachen