



VERMEIDUNG VON ÜBERHOLUNGFÄLLEN

In diesem Beitrag werden Konzept und praktische Erprobung eines Fahrerassistenzsystems vorgestellt, das gefährliche Überholmanöver auf zweistreifigen Landstraßen frühzeitig erkennt und dabei hilft, Unfälle zu vermeiden. Das System wurde im Forschungsprojekt Proreta 2 an der Technischen Universität Darmstadt in Zusammenarbeit mit der Continental AG entwickelt.



EINFÜHRUNG

In der Forschungskooperation Proreta zwischen der Technischen Universität Darmstadt und der Continental AG wurde 2006 ein Antikollisionssystem für den Längsverkehr mit automatischem Notbremsen und Notausweichen vorgestellt [1]. In einem zweiten Projekt wurde ein Fahrerassistenzsystem für den Begegnungsverkehr, speziell für Überholvorgänge auf Landstraßen, entwickelt [2]. Das Forschungsprojekt teilte sich nach den in ❶ dargestellten Funktionalitäten auf drei Institute der Technischen Universität Darmstadt auf.

Im vorliegenden Beitrag werden die Grundlagen des entwickelten Fahrerassistenzsystems und Ergebnisse aus Fahrversuchen dargestellt. Erkennt das System, dass ein Überholmanöver auf Grund von herannahendem Gegenverkehr nicht sicher durchgeführt werden kann, wird der Fahrer zu einem Abbruch des Überholmanövers bewegt, ❷.

In [3] wurden die zur Realisierung einer Fahrerassistenz in Überholsituationen erforderlichen Sensorreichweiten abgeschätzt. Für eine Startgeschwindigkeit von 90 km/h und einem mit 120 km/h fahrenden Gegenfahrzeug ergibt sich selbst für einen relativ späten Zeitpunkt kurz vor der Vorbeifahrt an dem vorausfahrenden Fahrzeug eine Mindestreichweite von 375 m für die verwendete Sensorik. Da dies deutlich über der Reichweite heutiger ACC-Sensoren liegt, wurde zur Realisierung des Fahrerassistenzsystems ein modifizierter 77-GHz-Radarsensor mit einer Reichweite von 400 m eingesetzt.

AUTOREN



DIPL.-ING. ANDREE HOHM
war bis 2010 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Fahrzeugtechnik der TU Darmstadt.



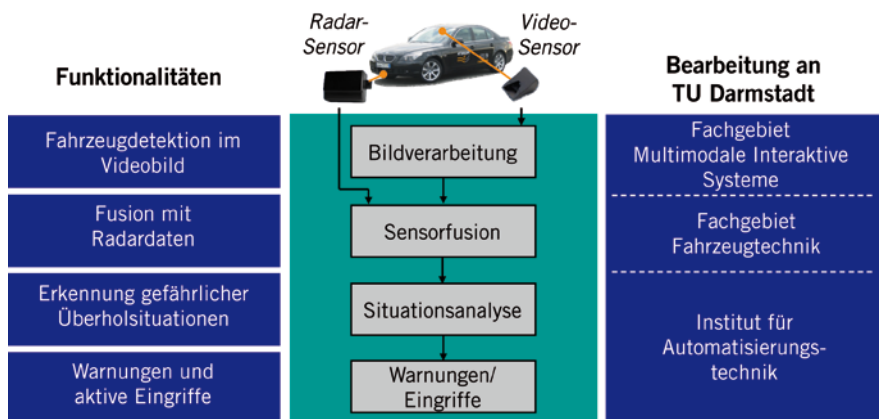
DIPL.-ING. ROMAN MANNALE
war bis 2010 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Automatisierungstechnik der TU Darmstadt.



DIPL.-WIRTSCH.-ING. KEN SCHMITT
war bis 2010 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Automatisierungstechnik der TU Darmstadt.



DIPL.-INFORM. CHRISTIAN WOJEK
war bis 2010 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Multimodale Interaktive Systeme der TU Darmstadt.



❶ Aufgabenverteilung und Ablaufplan der Entwicklung des Überhol-Fahrerassistenzsystems (Proreta 2)

VIDEOBASIERTE GESAMTSZENEN-SEGMENTIERUNG

Um ein genaueres Szenenverständnis im Nahbereich (bis etwa 50 m) zu erhalten, wird eine CMOS-Farbbild-Videokamera (CSF200) verwendet, die unterhalb des Rückspiegels montiert ist und ein elektronisches Abbild der Situation vor dem Fahrzeug liefert. Die einzelnen Bildpunkte werden in acht Klassen wie Straße, Fahrzeug, Gras oder Bäume/Büsche segmentiert. Die dafür entwickelte Methode berücksichtigt neben lokalen Merkmalen auf der Ebene der Bildpunkte auch Informationen eines Objektdetektors und den zeitlichen Verlauf der Videobilder. Der entsprechende grobe Signalfloss ist in 3 dargestellt.

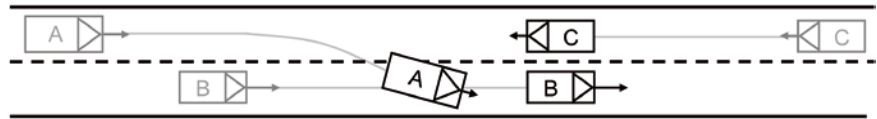
Die entwickelte Methode wird im Folgenden in drei Stufen erläutert. Für eine eingehendere Beschreibung sei auf [4] verwiesen.

Bei der Segmentierung mit sogenannten Conditional Random Fields (CRF) werden Gruppen von 8×8 Bildpunkten zu Knoten zusammengefasst. Den einzelnen Knoten werden dann für jede Klasse (zum Beispiel Straße, Fahrzeug) Wahrscheinlichkeitswerte zugeordnet. Dabei werden auf Basis von Filterbankantworten und anschließender Klassifikation [5] lokale Knotenpotenziale für größere Gruppen von Bildpunkten gebildet. Zusätzlich erlauben paarweise Potenziale das Modellieren von Nachbarschaftsbeziehungen.

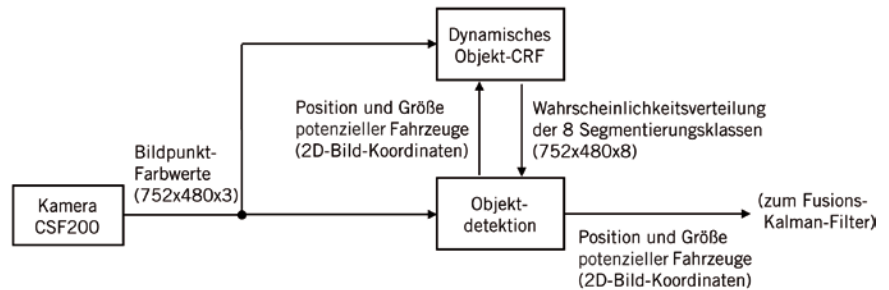
Methoden zur Objektdetektion [6] erlauben zuverlässigere Ergebnisse, da sie zur Berechnung der Merkmale im Gegensatz zu CRF einen größeren Bildbereich mit einbeziehen. Um die Merkmale aus einem Objektdetektor mit in die Szenensegmentierung zu integrieren, wird das CRF-Basismodell durch das Einfügen zusätzlicher Zufallsvariablen zum sogenannten Objekt-CRF erweitert.

Die Erweiterung zum sogenannten Dynamischen CRF berücksichtigt schließlich, dass die Bewegungsgeschwindigkeiten im Bild für Fahrzeuge und die Hintergrundklassen (zum Beispiel Bäume) in hochdynamischen Überhol Situationen höchst unterschiedlich sind. So werden Fahrzeugobjekte mit einem Kalman-Filter verfolgt und die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Segmentierung zu einem Zeitpunkt in das nächste Eingabebild propagiert.

4 zeigt einige Beispielergebnisse mit dem von der Kamera aufgenommenen Ein-



2 Gefährliche Überhol Situation mit Abbruchmanöver



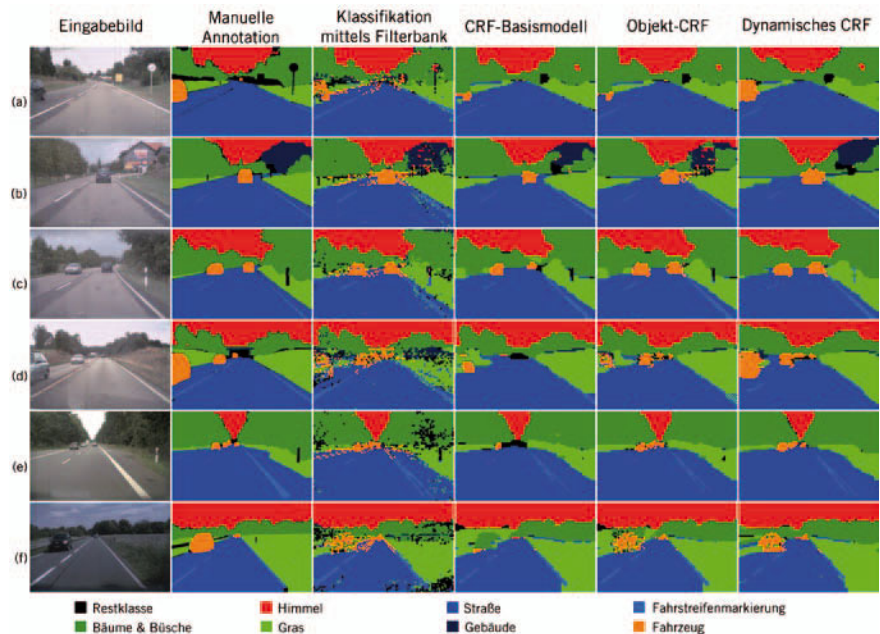
3 Signalfloss für die videobasierte Objekterkennung und Szenensegmentierung

gabebild (Spalte 1) und einer von Hand durchgeführten Klassifikation (Spalte 2) als Bewertungsgrundlage für die unterschiedlichen Segmentierungsmethoden.

Es ist ersichtlich, dass die Verwendung eines CRF-Basismodells (Spalte 4) im Vergleich zu einer reinen filterbasierten Klassifikation (Spalte 3) ein deutlich geglättetes Ergebnis liefert. Jedoch treten Probleme bei der Klassifikation von Fahrzeugen auf, deren Bildpunkte oft fälschlicherweise zu anderen Klassen (zum Beispiel Straße) zugeordnet werden. Durch die zusätzlich

integrierten Merkmale beim Objekt-CRF (Spalte 5) wird die Segmentierungsgenauigkeit für Fahrzeuge deutlich verbessert. Das dynamische CRF-Modell (Spalte 6) kann dagegen auch Fahrzeuge, die zeitweise nicht detektiert werden können, besser segmentieren.

Zur Weiterverarbeitung in nachgeschalteten Fahrerassistenzfunktionen stehen somit die Segmentierung der Gesamtszene im Videobild sowie Objektdetektionen aus einem bildbasierten Objektdetektor zur Verfügung.



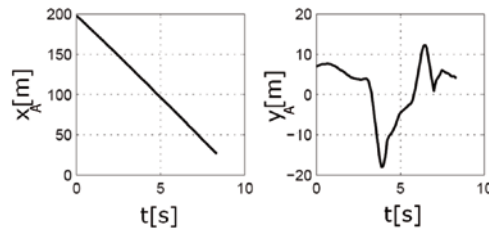
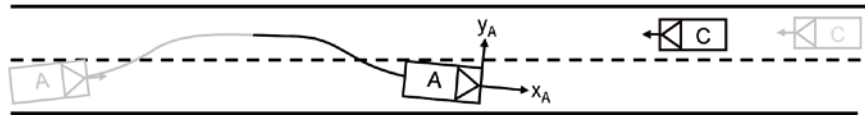
4 Beispielergebnisse für die Segmentierung von Landstraßenszenen mit den vorgestellten Modellen

SENSORFUSION VON RADAR UND VIDEOSIGNALLEN

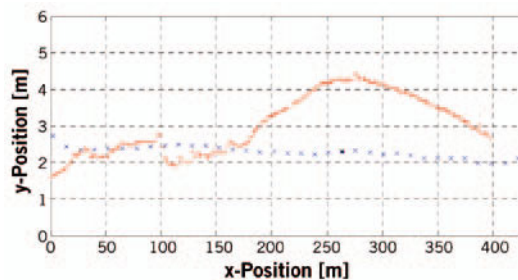
Ein Fahrerassistenzsystem für Überholmanöver setzt die umfassende Kenntnis der Objekte im Fahrzeugumfeld voraus. Zentrales Element sind hierbei Fahrzeuge des Gegenverkehrs. Um eine frühe Situationserkennung und eine Detektionsreichweite von 400 m zu erreichen, sind Radar- und Lidar-Systeme geeignet. Im Projekt Proreta 2 wurde der Radarsensorik der Vorrang gegeben, da diese aufgrund der spezifischen Signalverarbeitung eine weitaus geringere Dämpfung bei weit entfernten Objekten aufweist. Die geforderte Reichweite von 400 m konnte im Rahmen des Projekts durch die Modifikation eines Seriensensors erreicht werden.

Um eine möglichst exakte Schätzung und unterbrechungsfreie Detektion des Zustandsvektors für Fahrzeuge zu realisieren, wird ein Objekttracking mit einem Erweiterten Kalman-Filter (EKF) eingesetzt [7, 8]. Dieses Filter ermöglicht auch die Fusion mit den Daten des bereits beschriebenen Objektdetektors, der im Erfassungsbereich bis 50 m bessere Werte hinsichtlich der Lateralposition beobachteter Fahrzeuge auf Landstraßen erreicht. Die sich im Entfernungsbereich bis 50 m überdeckenden Erfassungsbereiche beider Sensoren werden in einer kooperativen Fusion zusammengeführt.

Eine Besonderheit im Bezug auf die Objektverfolgung ist die Anforderung, weit entfernte Objekte während eines Fahrstreifenwechsels ohne Objektverlust verfolgen zu können. Dies ist insbesondere zu Beginn eines Überholvorgangs der Fall, 5. Als Ergebnis erhält man eine kontinuierliche Objektverfolgung ohne Verlust der Objektspur, weil der erwartete Querversatz durch die Gierbewegung des EGO-Fahrzeugs (A) bei der Assoziation berücksichtigt wird. Das Resultat bietet eine solide Grundlage für die zuverlässige Funktion von Algorithmen, die dem Objekttracking nachgelagert sind. 6 zeigt die Ergebnisse



5 Tracking eines entfernten Objektes im Gegenverkehr während eines Fahrstreifenwechsels und Verlauf der x- und y-Positionen in EGO-Koordinaten; ein Trackverlust wird vermieden, jedes Objekt bleibt dabei lateral getrennt



6 Schätzung der Position eines entfernten Gegenverkehrsfahrzeugs (+) im Vergleich mit den Ground-Truth-Daten (x) mit einer Relativgeschwindigkeit von 140 km/h und $v_A = 0$; die Maximale Abweichung in lateraler Richtung liegt in der Größenordnung von 2 m

der Detektion eines Gegenverkehrs-Fahrzeugs im Vergleich mit Ground-Truth-Daten. Die größte Lateralabweichung tritt hier im moderaten Bereich von etwa 2 m bei einer Entfernung von etwa 260 m auf, wobei diese immer noch unter einer Winkelabweichung von $0,5^\circ$ liegt.

Zudem verursachen Verlagerungen des Radar-Reflexionspunktes auf dem Zielfahrzeug auch Abweichungen von etwa 1 m. Eine weitere Besonderheit im Bezug auf die Objekterkennung sind die auftretenden, hohen Relativgeschwindigkeiten. Hier konnte die korrekte Funktion der Objektverfolgung in realen Verkehrssituationen bis zu einer Relativgeschwindigkeit von -265 km/h experimentell verifiziert werden. Sie stellt somit ausreichende Reserven für die Beobachtung entgegenkommender Fahrzeuge auf Landstraßen bereit.

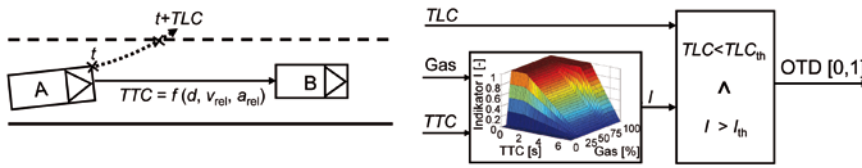
SITUATIONSANALYSE FÜR ÜBERHOLVORGÄNGE

Damit das Assistenzsystem im Gefahrenfall reagieren kann, muss in der Situationsanalyse zum einen die Durchführung des Manövers und zum anderen das Vorliegen einer Gefahrensituation erkannt werden.

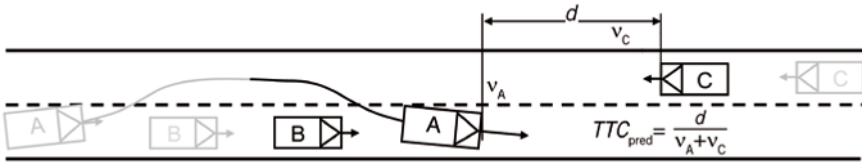
Zunächst werden die Position, Orientierung sowie Bewegung des Fahrzeugs relativ zu den Fahrstreifen bestimmt. Auch dazu wird ein EKF verwendet, in dem durch Kopplung eines Fahrzeug- und Fahrbahnmodells die Daten von Fahrzeugdynamiksensorik und einer kamerabasierenden Fahrstreifenenerkennung fusioniert werden. Dadurch gelingt eine fahrstreifenübergreifende Eigenlokalisierung, und es können kurzzeitige Ausfälle der Fahrstreifenenerkennung odometrisch überbrückt werden. Basierend auf den geschätzten

Sie wollen sich verändern oder suchen die erste Stelle, dann senden Sie bitte Ihre kompletten Bewerbungsunterlagen an:

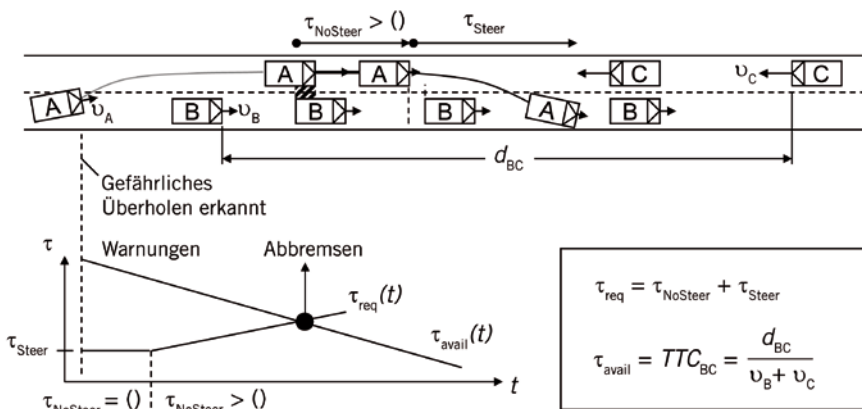
tl Engineering GmbH, Schönaustr. 11, 65201 Wiesbaden
 bewerbung@tlengineering.de - www.tlengineering.de
 Tel.: 0611-4060616 - Fax: 0611-4060617



7 Detektion von Überholmanövern mittels längs- und querdynamischer Indikatorgrößen



8 Präzidierte Time-to-Collision (TTC_{pred}) zum Gegenverkehr als Maß für den Sicherheitsabstand d bei Überholende



9 Erforderliche und verfügbare Zeit für einen Überholabbruch

Größen der Odometrie sowie Umfelddaten bezüglich eines zu überholenden Fahrzeugs (B) werden quer- und längsdynamische Indikatorgrößen gebildet. Die Erkennung der verschiedenen Manöver erfolgt über ein Zustandsdiagramm, in dem die Übergänge zwischen den verschiedenen Manövern in Abhängigkeit der Indikatorgrößen modelliert sind. Um – falls notwendig – ein frühes Einleiten unfallvermeidender Maßnahmen zu ermöglichen, wird außerdem eine Prädiktion des Überholbeginns durchgeführt, 7.

Der Fahrstreifenwechsel beim Beginn des Überholmanövers wird dazu anhand eines Schwellwertes auf der Time-to-Line-Crossing (TLC) und einem längsdynamischen Überholindikator I noch vor dem eigentlichen Überfahren der Mittellinie vorausgesagt, 8. (Zur Odometrie und Manövererkennung vergleiche mit [9].)

Bei Erkennung einer Überholsituation wird fortlaufend bewertet, ob ein aus der Fahrsituation gestartetes oder bereits begonnenes Überholmanöver ohne Gefahr durchgeführt oder beendet werden kann. Dazu wird basierend auf einem Modell des Beschleunigungsverhaltens eine Überholprädiktion vorgenommen und die Relativkinematik der beteiligten Fahrzeuge bis zum Ende des Überholmanövers vorausberechnet.

Für den Zeitpunkt des vollständigen Verlassens des linken Fahrstreifens bei Überholende wird die Time-To-Collision (TTC) zum Gegenverkehr abgeschätzt. Diese Größe spiegelt die Abstandsreserve zum Gegenverkehr (C) am Ende der Überholung wieder.

Auf Basis der präzidierten TTC kann bereits vor oder während des Überholbeginns abgeschätzt werden, ob beim Abschluss der Überholung ein ausreichender

Sicherheitsabstand d zum Gegenverkehr verbleiben wird. Unterschreitet sie einen Schwellwert, ist der Gegenverkehr bereits zu nah und das Überholmanöver sollte unterlassen oder abgebrochen werden.

REALISIERUNG VON WARNUNGEN UND AKTIVEN EINGRIFFEN

Sobald das Modul „Situationsinterpretation“ ein gefährliches Überholmanöver meldet, informiert das System den Fahrer durch Warnungen und beginnt mit der Planung eines unfallvermeidenden Abbruchmanövers. Je nach Entfernung und Relativgeschwindigkeit des entgegenkommenden Fahrzeugs bei Überholbeginn ist ein frühes oder spätes Abbruchmanöver erforderlich.

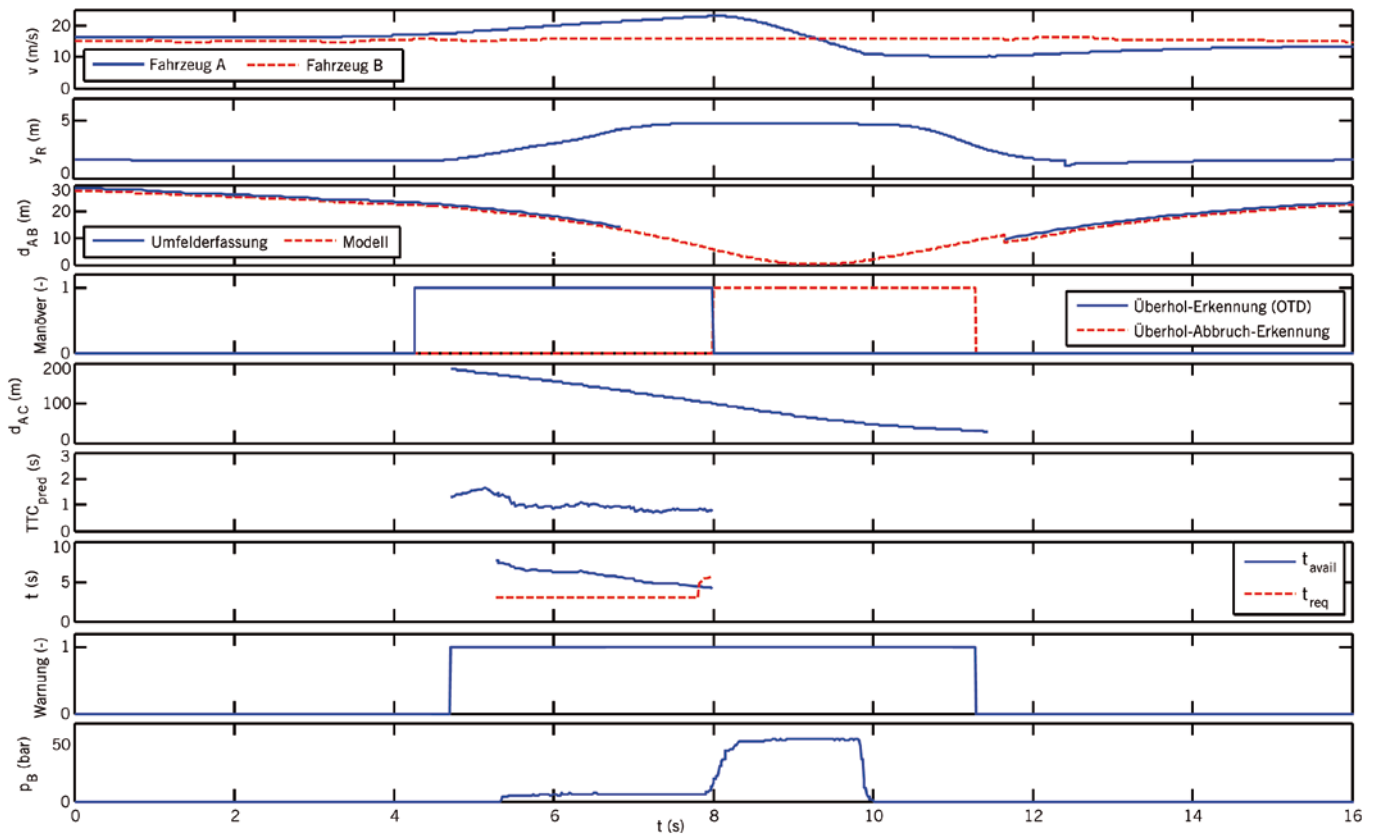
Wenn ein Zurückfallen hinter das Vorderfahrzeug erforderlich ist, wird mit konstanter Verzögerung unter die Geschwindigkeit des Vorderfahrzeugs herabgebremst, jedoch nur bis zu einer Mindestgeschwindigkeit, um ein dynamisches Zurückklennen zu ermöglichen.

Aus den aktuellen Abständen und Geschwindigkeiten der Fahrzeuge wird sowohl die erforderliche Zeit τ_{req} als auch die verfügbare Zeit τ_{avail} für ein unfallvermeidendes Abbruchmanöver berechnet.

Die erforderliche Zeit τ_{req} ist die Zeit, die (voraussichtlich) vergeht, bis das Fahrzeug den linken Fahrstreifen wieder verlassen hat. Muss das überholende Fahrzeug vor dem Zurückklennen erst hinter das Vorderfahrzeug zurückfallen, verlängert sich die erforderliche Zeit entsprechend. Um diese Zeitdauer auch dann bestimmen zu können, wenn das Vorderfahrzeug bereits den Erfassungsbereich der nach vorne gerichteten Sensoren verlassen hat, wird das Fahrzeug gegebenenfalls modellbasiert weitergeführt [10]. Für die Dauer des Zurückklennens τ_{Steer} wird ein fester Wert angenommen, der einen komfortablen Fahrstreifenwechsel ermöglicht (zum Beispiel 3 s).

Die verfügbare Zeit τ_{avail} ist die Zeit, die voraussichtlich bis zum Eintreffen des entgegenkommenden Fahrzeugs am Heck des Vorderfahrzeugs vergeht. Beide Zeitmaße sind in 9 veranschaulicht.

Die Differenz der erforderlichen Dauer τ_{req} und der verfügbaren Zeit τ_{avail} kann als Basis für die Warnintensität verwendet werden. Ist die Differenz zwischen der



10 Ergebnisse von Versuchsfahrten: System assistiert beim Abbruch eines gefährlichen Überholmanövers

WWW.VIEWEGTEUBNER.DE

Erstmals Firmen-Know-how in Buchform, für den Antriebsstrang moderner Pkws



Rolf Isermann (Hrsg.)

Elektronisches Management motorischer Fahrzeugantriebe

Elektronik, Modellbildung, Regelung und Diagnose für Verbrennungsmotoren, Getriebe und Elektroantriebe

2010. XVI, 462 S. mit 318 Abb. und 24 Tab. (ATZ/MTZ-Fachbuch) Geb. EUR 49,95

ISBN 978-3-8348-0855-4

Dieses Buch zeigt Entwurf, Erprobung und Implementierung dieser elektronischen Managementfunktionen. An verschiedenen Beispielen werden der modellgestützte Entwurf der Steuerung und Regelung von Otto- und Dieselmotoren und ihre Applikation im Detail beschrieben, von der Modellbildung bis zur Brennraumdruck-Regelung. Es zeigt das systematische Vorgehen, umfassende Modellbildungs- und Simulationstools und effiziente Applikationsmethoden.

Einfach bestellen:

buch@viewegteubner.de Telefax +49(0)611. 7878-420

TECHNIK BEWEGT.



Änderungen vorbehalten. Entfällt im Buchhandel oder beim Verlag. Invertierte Druckfarben liefern wir versatzkostenlos.

DANKE

Die Autoren danken Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Rolf Isermann, Leiter der Forschungsgruppe Regelungstechnik und Prozessautomatisierung im Institut für Automatisierungstechnik der TU Darmstadt, Prof. Dr. Bernt Schiele, Leiter des Fachgebiets Multimodale Interaktive Systeme der TU Darmstadt und Max-Planck-Direktor am MPI für Informatik in Saarbrücken, sowie Prof. Dr. rer.nat. Hermann Winner, Leiter des Fachgebiets Fahrzeugtechnik der TU Darmstadt, für das Zustandekommen dieser Arbeit.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen der Forschungskooperation Prorota zwischen der Technischen Universität Darmstadt und der Continental AG. Das Forschungsprojekt wurde gemeinsam von den Instituten Automatisierungstechnik, Fahrzeugtechnik und Multimodale Interaktive Systeme durchgeführt. Die beteiligten Institute danken der Continental AG für die großzügige Unterstützung und gute Zusammenarbeit.

erforderlichen Dauer τ_{req} und der verfügbaren Zeit τ_{avail} gerade Null, wird das Fahrzeug automatisch abgebremst, so dass der Fahrer wieder hinter dem vorausfahrenden Fahrzeug einscheren kann.

ERGEBNISSE VON FAHRVERSUCHEN

Anhand des in 10 illustrierten Fahrversuchs auf dem Testgelände der TU Darmstadt wird die Funktionsweise des Assistenzsystems beispielhaft demonstriert.

Das Fahrzeug folgt einem vorausfahrenden Fahrzeug mit der Geschwindigkeit $v_A \approx 60$ km/h. Das vorausfahrende Fahrzeug wird im Abstand von $d_{AB} \approx 30$ m detektiert.

In der Manövererkennung wird bei $t \approx 4,3$ s erkannt, dass das eigene Fahrzeug beschleunigt und zu einem Überholmanöver ansetzt. Kurz darauf tritt das entgegenkommende Fahrzeug aus der Verdeckung durch das vorausfahrende Fahrzeug und wird bei $t \approx 4,8$ s in einem Abstand von $d_{AC} \approx 185$ m detektiert. In der Situationsinterpretation wird der am Ende des Überholmanövers zu erwartende zeitliche Abstand (TTC) berechnet.

Da die vorausberechnete TTC unterhalb der hier gewählten Schwelle $TTC_{\text{min}} = 2$ s liegt, startet das Assistenzsystem akustische Warnungen, um den Fahrer zu einem Abbruch des Überholmanövers zu bewegen. Der Fahrer reagiert nicht auf die Warnung und die Manövererkennung detektiert das Eintreten in den Überholfahrstreifen, worauf das System einen geringen Bremsdruck zur Vorbereitung des Bremssystems aufbaut. Im weiteren Verlauf nähert sich die notwendige Dauer für einen Überholabbruch der verfügbaren, sich durch den herannahenden Gegenverkehr verringernden Zeitdauer an. Bei $t \approx 8$ s ist der letztmögliche Zeitpunkt für einen Überholabbruch erreicht, und das System bremst automatisch bis ein Einscheren hinter dem Vorderfahrzeug möglich ist. Die akustische Warnung endet mit der Erkennung des abgeschlossenen Abbruchmanövers.

ZUSAMMENFASSUNG

Schwere Unfälle bei Überholvorgängen motivieren die Entwicklung eines entsprechenden Fahrerassistenzsystems. In der vorliegenden Arbeit wird die Konzeption und praktische Erprobung eines Fahrerassistenzsystems für Überholsituationen beschrieben.

Um die hierzu notwendigen sensorischen Informationen aus dem Fahrzeugumfeld zu erfassen, wurde die Fusion von Video- und Radardaten vorgestellt, die hohe Zuverlässigkeit bei der Detektion weit entfernter Objekte mit einer genauen Schätzung der Lateralposition und -geschwindigkeit näherer Objekte vereinigt. Für die Detektion naher Objekte wird der Einsatz eines videobasierten Fahrzeugklassifikators beschrieben. Dies ist die Basis, um eine vorliegende Gefahrensituation aus der Verbindung einer signalbasiert erkannten Überholabsicht des Fahrers sowie einer problematischen Konstellation der beteiligten Fahrzeuge zu detektieren. Wird eine solche Gefahr erkannt, erfolgen Warnungen und ein letztmöglicher Abbruch des Überholmanövers durch einen automatischen Bremseneingriff, der dem Fahrer das Einscheren hinter dem vorausfahrenden Fahrzeug ermöglicht.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts Prorota 2 erlauben, dem Fahrer eine Unterstützung zu bieten, um gefährliche Situationen bei Überholmanövern recht-

zeitig zu erkennen und unfallvermeidende Maßnahmen einzuleiten.

LITERATURHINWEISE

- [1] Bender, E.; Darms, M.; Schorn, M.; Stählin, U.; Isermann, R.; Winner, H.; Landau, K.: Antikollisionssystem Prorota – Auf dem Weg zum unfallvermeidenden Fahrzeug, *Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ)*, Heft 04/2007, S. 336-341, 2007
- [2] Isermann, R.; Schiele, B.; Winner, H.; Hohm, A.; Mannale, R.; Schmitt, K.; Wojek, C.; Lüke, S.: Elektronische Fahrerassistenz zur Vermeidung von Überholunfällen – Prorota 2, *VDI-Berichte Nr. 2075*, Elektronik im Kraftfahrzeug, Düsseldorf, 2009
- [3] Mannale, R.; Hohm, A.; Schmitt, K.; Isermann, R.; Winner, H.: Ansatzpunkte für ein System zur Fahrerassistenz in Überholsituationen, 3. Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz, Garching, 2008
- [4] Wojek, C.; Schiele, B.: A dynamic conditional random field model for joint labeling of object and scene classes, *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, Marseille, France, 2008
- [5] Torralba, A.; Murphy, K. P.; Freeman, W. T.: Sharing features: Efficient boosting procedures for multiclass object detection, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Washington, DC, USA, 2004
- [6] Dalal, N.; Triggs, B.: Histograms of oriented gradients for human detection, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, San Diego, USA, 2005
- [7] Winner, H.; Danner, B.; Steinle, J.: Adaptive Cruise Control. In: *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2009
- [8] Darms, M.; Winner, H.: Validation of a Baseline System Architecture for Sensor Fusion of Environment Sensors, *FISITA World Automotive Congress*, Yokohama /Japan, 2006
- [9] Schmitt, K.; Habenicht, S.; Isermann, R.: Odometrie und Manövererkennung für ein Fahrerassistenzsystem für Überholsituationen, 1. *Automobiltechnische Kolloquium*, München, 2009
- [10] Schmitt, K.; Isermann, R.: Vehicle State Estimation in Curved Road Coordinates for a Driver Assistance System for Overtaking Situations, 21st *International Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks (IAVSD)*, Stockholm, Sweden, 2009



DOWNLOAD DES BEITRAGS
www.ATZonline.de



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
order your test issue now:
SpringerAutomotive@abo-service.info



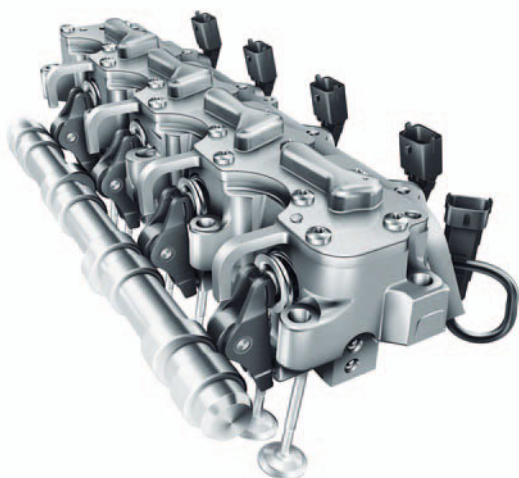
Vielseitig, umweltschonend und leistungsstark

Die MultiAir-Idee ist bestehend: Eine elektrohydraulisch regelbare Kopplung zwischen Nockenwelle und Einlassventilen ermöglicht eine vollvariable Ventilsteuerung – zylinderselektiv und bedarfsgerecht. Dies steigert Leistung und Drehmoment, senkt Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen bis zu 25 Prozent und fördert den Fahrspaß.

Das Kernstück dieser Innovation heißt UniAir. Dieses weltweit erste vollvariable elektrohydraulische Ventilsteuerungssystem ist sowohl für Otto- als auch für Dieselmotoren einsetzbar. Gemeinsam geben FIAT und SCHAEFFLER damit eine geniale Antwort auf die immer strengeren Vorgaben bezüglich Emissionen und Verbrauch.

Kreative Lösungen für das Automobil von morgen.
Lassen Sie uns gemeinsam neue Ideen finden!

Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG · www.ina.de



SCHAEFFLER GRUPPE
AUTOMOTIVE