



Das entwickelte und in einen Prototypen eingebaute System unterstützt Autofahrer in innerstädtischen Verkehrssituationen, hier beim Linksabbiegen. Eine Schlüsselrolle beim System spielt dabei maschinelles Lernen. © Continental

FORSCHUNGSPROJEKT PRORETA 4

Lernendes Fahrerassistenzsystem für den Stadtverkehr

Jeder zweite Verkehrsunfall in Deutschland passiert innerorts an Kreuzungen oder beim Abbiegen, rund jeder dritte Verkehrstote ist bei Kollisionen in geschlossenen Ortschaften zu beklagen [1]. Im Rahmen des Forschungsprojekts PRORETA 4 entwickelten die TU Darmstadt und Continental ein lernendes Fahrerassistenzsystem, das den Fahrer in solchen gefahrenrächtigen Verkehrssituationen unterstützen kann.

Intelligent lernende Fahrzeugsysteme haben das Potenzial, die Fahrsicherheit und den Fahrkomfort weiter zu erhöhen. Ziel des Forschungsvorhabens war es deshalb, mittels selbstlernender Strukturen Informations- und Fahrerassistenzsysteme zu

entwickeln, die sich an den Zustand des Fahrers, an dessen Fähigkeiten und Nutzungsgewohnheiten anpassen. Dabei verfolgten die Forscher das Ziel, einen Sicherheitsgewinn zu erzielen, etwa durch Reduzierung der Ablenkung. Außerdem sollten die selbstlernenden

Assistenzsysteme den Komfort erhöhen, die hedonische Qualität steigern und anhand von Erfahrungswissen zu Fahrer und Strecke Verhaltensregeln bilden, die die Verkehrsregeln ergänzen. Die Anpassung der Fahrempfehlungen an das Profil des Fahrers soll die Akzep-

tanz des Fahrerassistenzsystems steigern, weil der Fahrer sich durch das System weder über- noch unterfordert fühlt – beides wäre der Verkehrssicherheit nicht förderlich.

City Assistant System

Als ein Ergebnis wurde das City Assistant System vorgestellt, das aus drei Teilfunktionen besteht: Erstens dem Linksabbiegeassistent, zweitens dem Kreisverkehrsassistent sowie drittens der Unterstützung beim Fahren über Straßeneinmündungen, die nach dem Prinzip „Rechts vor Links“ geregelt sind. Das City Assistant System greift auf die Informationen von Seitennahbereichs- und Frontfernbereichsradar zu und berechnet aus den Positionen und Geschwindigkeiten der anderen Verkehrsteilnehmer die Größen der Lücken im Gegen- oder Kreisverkehr. Anhand dieser Daten kann das System ermitteln, ob eine Lücke im entgegenkommenden Verkehr oder im Kreisverkehr reicht, um gefahrlos die eigene Fahrt fortzusetzen. Der Fahrer erhält dann über visuelle, auditive oder auch haptische Signale eine entsprechende Information, die auf das individuelle Fahrverhalten adaptiert ist. Mittels Eye-Tracking über die Innenraumkamera erkennt das System überdies, ob der Fahrer während des Wartens auf eine passende Lücke abgelenkt ist und den Gegenverkehr nicht im Blick

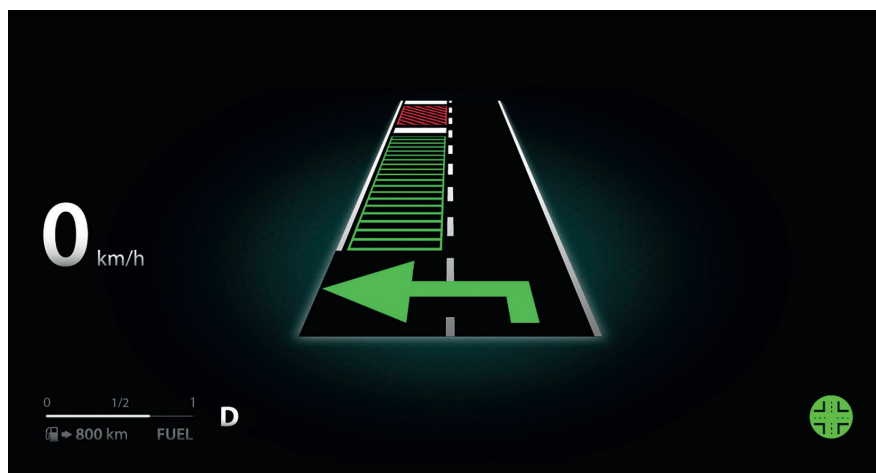


Bild 1: Empfehlung für eine passende Lücke zum Abbiegen. Hat das System für den Fahrer einen individuellen Schwellenwert ermittelt, wird diese Empfehlung angepasst. © Continental

hat [2], [3]. Für die Erkennung der visuellen Ablenkung des Fahrers wurde in Anlehnung an bestehende Detektionsverfahren ein Basismodell entworfen. Über eine Auswertungsdauer von 1,5s werden sowohl Blickrichtung als auch Kopfrotation ausgewertet, ob diese in einen vordefinierten Winkelbereich (eyes on road) fallen.

Linksabbiege- und Kreisverkehrsassistent

Da das Blickverhalten des Fahrers in unterschiedlichen Szenarien (Linksabbiegen oder Kreisverkehr) unterschiedlich aussieht, gibt es für eine bessere De-

tektion der Ablenkung für jedes Szenario auch einen unterschiedlich vordefinierten Winkelbereich.

Anhand des Fahrerprofils (siehe Kas- ten) steuert das City Assistant System die Zeitfenster für Fahrempfehlungen beim Linksabbiegen. Dieses ermittelt anhand der eigenen Positionsdaten sowie Tempo und Abstand des entgegenkommenden Verkehrs, wie groß die Zeitlücken im Gegenverkehr für einen potenziellen Linksabbiegevorgang sind. Die Aufgabe der Objektdetektion übernehmen ein Fernbereichsradar sowie Nahbereichsradare in den Fahrzeugseiten.

Das gleiche Wirkprinzip gilt auch für den zweiten Einsatzbereich, die Einfahrt in einen Kreisverkehr. Auch in diesem Fall ermittelt das System auf Basis der Fahrzeug- und Umfeldsensorik, ob eine Verkehrslücke groß genug ist und ob es angesichts des ermittelten Fahrerprofils sinnvoll ist, die Einfahrt in den Kreisverkehr zu empfehlen oder besser auf eine größere Lücke zu warten.

Der Fahrer erhält immer eine aktive visuelle Unterstützung (Bild 1), die um einen auditiven Hinweis oder durch Sprachausgabe ergänzt werden kann. Das System ist vor allem in schwierigen Situationen, zum Beispiel bei Nacht oder schlechter Sicht nützlich, und unterstützt unerfahrene oder ältere Autofahrer bei Einschätzung der Situation. Bei starkem Verkehr reduziert das City Assistant System den Stress bei der Lückenfindung und informiert den Fahrer, wenn eine zu seinem Fahrstil passende Lücke kommt.

INFO

Fahrerprofile als Basis für die Empfehlungen

Die beschriebenen Assistenzlösungen sind nur realisierbar, wenn das System sich an den jeweiligen Fahrer anpasst. Der Assistent muss Fahrstil und damit auch subjektives Sicherheits- und Risikoempfinden des Fahrers analysieren, um in einer komplexen Verkehrssituation eine Empfehlung ausgeben zu können. Ohne eine solche Anpassung würde ein dynamischer Fahrer das Assistenzsystem als bevormundend und langsam empfinden – oder ein eher sicherheitsorientierter Fahrer die Empfehlungen als zu riskant einschätzen.

Mittels maschineller Lernverfahren lassen sich aussagekräftige Fahrerprofile erstellen, die für das Assistenzsystem Basis der Fahrempfehlungen sind. Dazu wertet der Algorithmus in ausgewählten Fahrmanövern Informationen über den Fahrer aus, unter anderem Beschleunigung, Gierraten, Bremsvorgänge und Querbewegung geben Aufschluss, um welchen Fahrertyp es sich handelt. Auch die Lenkradwinkelgeschwindigkeit beim Abbiegen gehört zu den Werten, die vom System gewichtet werden und eine Zuordnung des Fahrers in eines der drei Cluster defensiv, ausgeglichen oder sportlich zulassen. Aus dieser Fahrstilzuordnung wird dann die individuelle Lückenakzeptanz extrahiert.

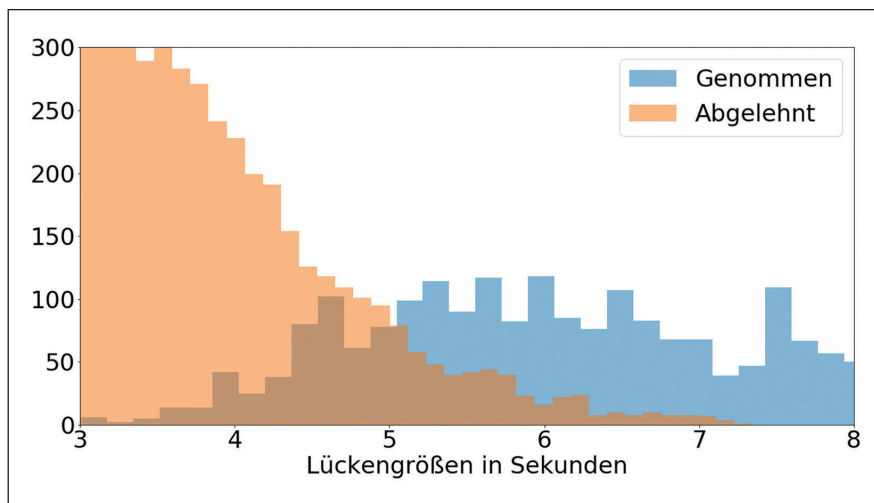


Bild 2: Ergebnis von mehr als 900 Versuchsfahrten: Die Probanden entschieden sich für das Linksabbiegen überwiegend im Bereich von Lückengrößen von fünf bis sieben Sekunden.

© Continental

Versuchsfahrten ermittelten für das Linksabbiegen ein Zeitfenster von rund fünf bis sieben Sekunden, in denen das System mit Empfehlungen Hilfestellung geben kann (Bild 2). Der untere Wert mit kleineren Lücken im Gegenverkehr gilt dabei für etwas dynamischere, der obere Wert für sehr defensive Fahrer. In beiden Fällen ist bei der Empfehlung für den Fahrer gewährleistet: Der Abbiegevorgang kann mit dem aktuell gezeigten Fahrstil sicher abgeschlossen werden.

Solange der Fahrstil des Fahrers nicht erkannt ist, arbeitet das System mit einer konservativen Standardempfehlung, die bei identifiziertem individuellen Fahrerprofil (siehe Kasten) angepasst wird.

Kreuzungsassistent

Eine weitere komplexe Aufgabenstellung ergibt sich für den Stadtassistenten bei Rechts-vor-Links-Kreuzungen. Hier kommt dem Tracking des Blicks des Fahrers (Bild 3) eine weitergehende Funktion zu als bei Abbiege- und Kreisverkehrsassistent. Mithilfe der Innenraumkamera analysiert das System, ob der Fahrer vor der Einmündung tatsächlich ausreichend nach rechts geschaut hat, um die Kreuzung sicher zu überqueren – oder ob er gegebenenfalls ankommenden Verkehr, dem Vorfahrt zu gewähren ist, erkannt hat. Dabei wird rund 40m vor der Kreuzung analysiert, ob der Fahrer sein Fahrzeug ausreichend verzögert hat. Und wenn er nicht spätestens 15m vor der Kreuzung eine mindestens 20° große Blickdrehung nach rechts gezeigt hat, gibt der Assistent ihm den Hinweis, nach rechts in die Kreuzung zu

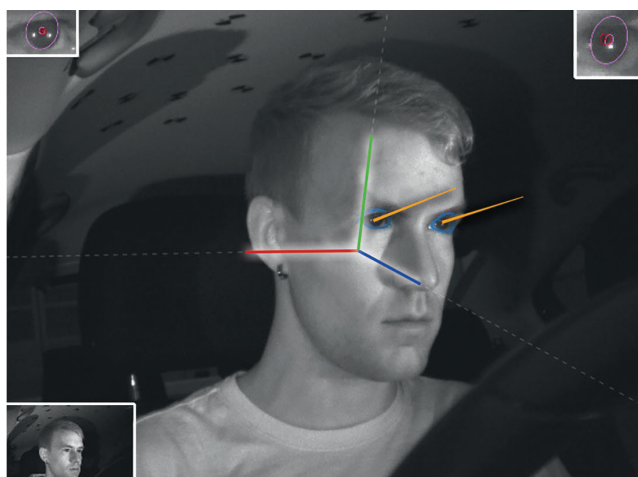


Bild 3: Das Tracking der Augen über die Innenraumkamera gibt Aufschluss, ob der Fahrer ein Hindernis oder einen anderen Verkehrsteilnehmer fixiert und damit auch tatsächlich wahrgenommen hat.

© Continental

INFO

PRORETA 5

Ziel des interdisziplinären und interuniversitären Forschungsprojekts PRORETA 5 ist die Untersuchung von Methoden der künstlichen Intelligenz für das automatisierte Fahren. Das Projekt konzentriert sich auf das Situationsverständnis und die Bewegungsplanung für das automatisierte Fahren im Stadtverkehr. Das Projekt untersucht insbesondere das Verhalten der Fahrer, den Umweltkontext, die Verkehrsregeln und die Interaktion zwischen den Verkehrsteilnehmern. Ziel ist es, eine humanisierte Bewegungsplanung zu implementieren und Informationen über die Aufmerksamkeit des Fahrers in Bezug auf externe Objekte und Situationen zu gewinnen, indem aus dem Verhalten des Fahrers gelernt wird.

queren ist, könnte das City Assistant System in einer serienreifen Version für alle beschriebenen Einsatzbereiche um eine Notbremsfunktion erweitert werden.

Exakte Positionsermittlung mit erlernten Landmarken

Je genauer die Position des eigenen Fahrzeugs bekannt ist, desto verlässlicher können Fahrerassistenzsysteme in komplexen Verkehrssituationen Entscheidungen treffen. Für eine solche Positionsbestimmung lassen sich Landmarken verwenden, die von der Fahrzeugkamera erkannt werden. Diese Landmarken können markante Punkte an Gebäuden oder der Infrastruktur sein (Bild 4). In PRORETA 4 wurde ein Langzeit-SLAM-Verfahren (Simultaneous Localization and Mapping) entwickelt, dass auf häufiger befahrenen Strecken Landmarken erkennt, bewertet und in einem Datenspeicher im Fahrzeug ablegt. Damit ist auf diesen Strecken eine Positi-



Bild 4: Wiedererkennung einer Landmarke über mehrere Wochen. Das Langzeit-SLAM-Verfahren erkennt auf häufiger befahrenen Strecken markante und beständige Landmarken und speichert diese in einer digitalen Karte ab. © Continental

onserkennung möglich, die eine Genauigkeit von unter einem Meter hat [5].

Fazit

PRORETA 4 stellt ein prototypisches systemtechnisches Grundkonzept bereit, um durch Assistenzfunktionen einige der Hauptunfallsituationen im Innerortsverkehr deutlich zu entschärfen, nämlich den Linksabbiegeverkehr, das Überfahren von Kreuzungen und auch die Einfahrt in den Kreisverkehr. Dabei bietet der Lösungsansatz weit mehr als ein weiteres Assistenzsystem. Das System erlaubt eine exakte Lokalisierung des Fahrzeugs im Verkehrsgeschehen und passt sich vor allem durch die Auswertung von Fahrdaten und Tracking der Fahrer-Blickrichtung an das Fahrverhalten sowie Sicherheitsbedürfnis des Fahrzeuglenkers an. ■ (oe)

Quellenverzeichnis

- [1] Statistisches Bundesamt, Verkehrsunfälle, Fachserie 8 Reihe 7, 2017
- [2] Julian Schwehr u. Volker Willert: Tracking des Aufmerksamkeitsziels des Fahrers mittels eines Multi-Hypothesen Multi-Modell Filters. In: 12. UNIDAS Workshop Fahrerassistenz und automatisiertes Fahren, S. 95–105
- [3] Julian Schwehr u. Volker Willert: Multi-Hypothesen Multi-Modell Driver's Gaze Target Tracking. In: 2018 IEEE 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)
- [4] E. Kasneci et al., Online Recognition of Fixations, Saccades, and Smooth Pursuits for Automated Analysis of Traffic Hazard Perception, in Artificial Neural

Networks: Methods and Applications in Bio-/Neuroinformatics. Springer International Publishing, 2015, pp. 411–434

[5] Luthardt, S., Willert, V. u. Adamy, J.: LLama-SLAM. Learning High-Quality Visual Landmarks for Long-Term Mapping and Localization. 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). IEEE 2018, S. 2645–2652

Hien Dang ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Knowledge Engineering Group an der Technischen Universität Darmstadt.

Maren Henzel ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Fahrzeugtechnik an der Technischen Universität Darmstadt.

Stefan Luthardt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Regelungsmethoden und Robotik an der Technischen Universität Darmstadt.

Julian Schwehr ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Regelungsmethoden und Robotik an der Technischen Universität Darmstadt.

Ralph Lauxmann ist Leiter Systems & Technology in der Division Chassis & Safety bei Continental.

Dr. Karsten Michels ist Leiter Systems & Technology in der Division Interior bei Continental.

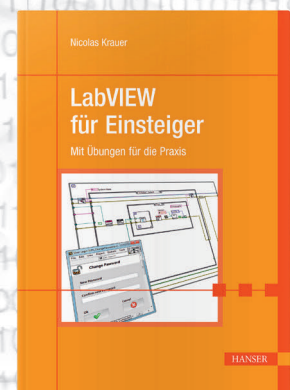
Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner ist Leiter des Fachgebiets Fahrzeugtechnik an der Technischen Universität Darmstadt.

HANSER

Programmieren mit System



ISBN 978-3-446-45996-0 | € 38,-



ISBN 978-3-446-45906-9 | € 32,-



ISBN 978-3-446-45486-6 | € 30,-

Bestellen Sie jetzt unter
www.hanser-fachbuch.de