

Schriftenreihe
des Instituts für
Fahrzeugtechnik
TU Braunschweig



Nr: 54

Dipl.-Ing.
Volkan Görkem Büyükyıldız
2017

Identifikation des Fahrer- zustands zur Adaption von Fahrerassistenzsystemen

Herausgegeben von:
Prof. Dr.-Ing. Ferit Küçükay

Identifikation des Fahrerzustands zur Adaption von Fahrerassistenzsystemen

Von der Fakultät für Maschinenbau
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

zur Erlangung der Würde

eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation

von: Volkan Gökem Büyükyildiz
aus: Ankara

eingereicht am: 09.03.2017
mündliche Prüfung am: 08.09.2017

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. F. Küçükay
Prof. Dr.-Phil. M. Vollrath

Schriftenreihe des Instituts für Fahrzeugtechnik
TU Braunschweig

Band 54

Volkan Görkem Büyükyildiz

**Identifikation des Fahrerzustands
zur Adaption von Fahrerassistenzsystemen**

Shaker Verlag
Aachen 2017

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2017

Copyright Shaker Verlag 2017

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5621-1

ISSN 1619-6325

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Carolo Wilhelmina zu Braunschweig. Ich möchte mich an dieser Stelle bei den Personen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Zunächst möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Ferit Küçükay, Leiter des Instituts für Fahrzeugtechnik, für die lehrreiche Betreuung meiner Arbeit bedanken. Sein entgegengebrachte Vertrauen ermöglichte mir das selbstständige und wissenschaftliche Arbeiten. Insbesondere möchte ich Herrn Dr.-Ing. Roman Henze für das stets anregende Mentoring danken. Mein Dank gilt des Weiteren den Mitgliedern der Prüfungskommission, Herrn Prof. Dr. Mark Vollrath, Leiter des Instituts für Psychologie, Ingenieur- und Verkehrspsychologie der TU Braunschweig für die Erstellung des Zweitgutachtens sowie Prof. Dr. L. Frerichs, Leiter des Instituts für mobile Landmaschinen und Nutzfahrzeuge der TU Braunschweig, für die Übernahme des Vorsitzes im Promotionsausschuss.

Allen aktiven und ehemaligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Fahrzeugtechnik, die mich während meiner Tätigkeit begleitet haben, sei herzlich gedankt. Des Weiteren möchte ich mich bei meinen Kollegen Herrn Dr.-Ing. Kemal Çalişkan und Herrn M.Sc. Cord Heer bedanken. Sowohl die fachlichen als auch privaten Diskussionen und Ratschläge waren sehr wichtige Motivation und furchteteten schließlich in die Entstehung dieser Arbeit. Bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Technikums, unter der Leitung von Herrn Maic Rennebach, möchte ich mich für die stete und geduldige Unterstützung bedanken.

Die Arbeit wurde zum Teil durch ein Forschungsprojekt der BMW AG gefördert. Meinem industrieseitigen Projektpartner, dem Entwicklungsingenieur Herrn Dipl. Ing. Christoph Hildebrandt möchte ich mich für die spannenden aktiven Diskussionen und die daraus entstandenen gemeinsamen Veröffentlichungen danken.

Frau Barbara Barberon-Zimmermann, Herrn B. Sc. Julius Martensen seien für die Korrekturen herzlich gedankt. Diverse studentische Arbeiten haben zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Ich möchte mich bei allen Verfassern dieser studentischen Arbeiten sowie bei meinen wissenschaftlichen Hilfskräften für die tapfere Unterstützung bedanken.

Letztlich möchte ich mich bei allen Freunden bedanken, die mich im privaten Bereich während dieser Zeit begleitet haben. Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, die mir stets in jeder Hinsicht beisteht. Last but not least gilt gleiches für meine Lebensgefährtin Britta Christiansen, die mich nicht nur aktiv unterstützt, sondern immer einen beruhigenden Pol in meinem Leben darstellt.

Braunschweig, März 2017

Volkan Görkem Büyükyildiz

Kurzfassung

Die vorliegende Dissertation behandelt eine systematische Identifikationsmethodik des individuellen Fahrerzustands um daraus eine Adaption von Fahrerassistenzsystemen zu ermöglichen. Mit einer automatischen Adaption wird es möglich, dem individuellen Anspruch und Bedarf des Fahrers nachzukommen, sodass ein höherer Nutzen mit höherer Akzeptanz hervorgerufen werden kann. Als Basis für eine erfolgreiche Adaption dient die Kenntnis des spezifischen Fahrerverhaltens. Zu diesem Schritt gehört sowohl die Analyse des Fahrerverhaltens als auch die echtzeitfähige Bestimmung der Fahrerzustände während des Fahrens. Insbesondere durch die Zielsetzung, die Sicherheit im Straßenverkehr und die Akzeptanz des Fahrers immer weiter zu erhöhen, rückt der Fahrer in der Fahrzeugentwicklung zunehmend in den Fokus. Die individuellen Fahreigenschaften sind zum Beispiel charakterisiert durch Fahrstil, Leistungszustand und Alter des Fahrers sowie das Steuer- und Regelverhalten der Fahrzeugführung. In dieser Arbeit werden Kenngrößen abgeleitet, die der Adaption von Fahrerassistenzsystemen dienen. Hierzu werden aus Fahrzeug- und Umfelddaten relevante Signale extrahiert und zur Modellierung herangezogen. Dabei werden das Längs- und Querregelverhalten, sowie das Lenk- und Spurhalteverhalten analysiert, um die Adaption zu ermöglichen. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Kennparameter aus dem Längs- und Querregelverhalten wird beispielhaft erläutert. Mithilfe geeigneter Identifikations- und Optimierungsmethoden werden die Modelle parametrisiert. Die Parametrierung erfolgt dabei anhand der genetischen Algorithmen.

Die Arbeit behandelt ebenfalls die auf dieser Methodik basierende echtzeitfähige Implementierung zur Berechnung der Parametersätze. Die Echtzeitanwendung muss demnach in der Lage sein, anhand realistischer Detektionen eine zielgerichtete Klassifikation des Fahrers ohne Verzögerungen durchführen zu können. Zur Objektivierung wird die Korrelation des Fahrstils mit der subjektiven Beurteilung des Fahrers unter Zuhilfenahme verschiedener, neu entwickelter Werkzeuge untersucht. Die individuellen Fahrverhaltensunterschiede werden dabei dargestellt. Der demographische Wandel, der bei der Ermittlung der Fähigkeiten des Fahrers eine große Rolle spielt, wird als ein weiterer Aspekt zur Eingrenzung der Individualität des Fahrers berücksichtigt. Anhand der Auswertung dieser Merkmale werden charakteristische Fahrerunterschiede analysiert und dienen weiterhin zur Definition beispielhafter Fahrertypen. Diese Arbeit trägt somit zur gezielten Untersuchung des Zusammenhangs der adaptiven FAS und der systematischen Identifikation des Fahrers zur Ermittlung der Wunscheinstellung bei. Zur Beurteilung der Adaptionsgüte werden anhand des Beispiels eines Spurverlassenswarners verschiedene Probandenstudien durchgeführt. Durch verschiedene Studien werden fahrerindividuelle Präferenzen gezeigt.

Abstract

This PhD Thesis deals with the systematic identification methods of the driver state to enable the adaptation of driver assistance systems. The adaptation makes the achievement of the individual driver demands possible, so that a high acceptance and usage can be provided. The knowledge of the specific driver behaviour provides a basis for a successful adaptation. These steps include the analysis of the driver behaviour and the real time characterisation of the driver state. In order to improve the road safety and acceptance of the driver, the automotive research should increasingly focus on the driver. The individual driver characteristics consist of driving style, driver performance, age of the driver and driver control behaviour. The parameters for the adaptation of the driver assistance systems are derived in this study. The relevant signals from the vehicle and its environment are extracted and used for modelling. Therefore longitudinal and lateral control behaviour of the driver will be analysed. In terms of adaptation, the steering and lane behaviour are also analysed. Several examples of the process of determining the objective parameters are illustrated. Different identification and optimisation methods which are appropriate for identification will be used for the parameterization. Genetic algorithms are used to parametrise.

The study includes also the real time implementation of the parameter evaluation which is based on the introduced identification method. The real time application has to be able to classify the driver without any delays during using realistic detections. For the objectification the correlation between driving style and subjective assessment are evaluated. For this purpose, several new tools are developed to outline the individual driving behaviour differences. Demographic change as an important phenomenon to determine the capabilities of the driver will be considered to limit the individualities. Using the analysis of these kind of characteristics further exemplary drivers will be defined.

This research contributes to the relation between adaptive assistance systems and systematic identification of the driver to establish desired settings. To assess the quality of the adaptation various studies are performed in terms of the lane departure warning. Through different studies the driver specific preferences are shown.

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	III
1. Einleitung	1
1.1. Hintergrund und Zielsetzung der Arbeit	3
1.2. Inhalt der Arbeit	3
2. Stand der Forschung	5
2.1. Begriffsdefinitionen im Kontext des Fahrerfingerprints	5
2.1.1. Interaktion Fahrer- Fahrzeug- Fahrumgebung	5
2.2. Modellierung des Fahrers	5
2.3. Adaptive Fahrerassistenzsysteme	18
2.4. Zusammenhänge des Fahrerfingerprints mit Automatisierungsstufen	23
3. Modellierung des Fahrerfingerprints	26
3.1. Aufbau des Fahrerfingerprintmodells	26
3.2. Fahrstil	27
3.2.1. Messdatenbank für die Modellierung	28
3.2.2. Identifikation des Fahrstils	28
3.2.3. Diskussion der Ergebnisse	38
3.3. Fahrstrategie-Fahrerregelverhalten	40
3.3.1. Nomenklatur der Fahrermodelle	40
3.3.2. Aufbau des Fahrermodells	42
3.3.3. Genetische Algorithmen zur Parametrierung	46
3.4. Fahrerleistungsvermögen	52
3.5. Fazit	55
4. Objektivierung des Fahrerfingerprints	56
4.1. Echtzeitfähige Berechnungsmethodik	56
4.1.1. Aufbau des Modells	56
4.1.2. Versuchsträger und Messtechnik	66
4.1.3. Implementierung des Modells	67
4.2. Analyse und Korrelation von Felddaten	67
4.2.1. Prozentuale Anteile der Fahrstilidentifikation	68
4.2.2. Korrelation des Fahrstils	70
4.2.3. Fuzzy-basierte Fahrstilidentifikation	73
4.3. Identifikation fahrerindividueller Unterschiede	80

5. Beurteilung unterschiedlicher Ausprägungen des Spurverlassenswarners	82
5.1. Studie am Beispiel Spurverlassenswarner	82
5.1.1. Versuchsdesign	83
5.1.2. Auswertungsmethodik und Ergebnisse	88
5.1.3. Fazit	91
5.2. Fahrerindividuelle Unterschiede aus der Studie	91
6. Adaptive FAS-Strategie für Spurverlassenswarner	95
6.1. Fahrer-adaptiver Spurverlassenswarner	95
6.2. Versuchsdesign und Validierung	96
6.2.1. HMI und Warnfunktionen	98
6.2.2. Statistische Betrachtung der Akzeptanz	101
6.3. Fazit und Diskussion	104
7. Zusammenfassung und Ausblick	106
Literaturverzeichnis	110
A. Anhang	125
A.1. Probandenstudie der altersspezifischen Akzeptanz beim Spurverlassenswarner	125
A.2. Fragebogen zum fahreradaptiven Spurverlassenswarner	135