

Hermann Winner | Stephan Hakuli | Gabriele Wolf (Hrsg.)

# Handbuch Fahrerassistenz- systeme

Grundlagen, Komponenten und Systeme  
für aktive Sicherheit und Komfort

2. Auflage

**ATZ**

**PRAXIS**



**VIEWEG+  
TEUBNER**

**Continental** 

Hermann Winner | Stephan Hakuli | Gabriele Wolf (Hrsg.)

Handbuch Fahrerassistenzsysteme

Hermann Winner | Stephan Hakuli | Gabriele Wolf (Hrsg.)

# Handbuch Fahrerassistenz- systeme

Grundlagen, Komponenten und Systeme  
für aktive Sicherheit und Komfort

2., korrigierte Auflage

Mit 545 Abbildungen und 45 Tabellen

PRAXIS | ATZ/MTZ-Fachbuch



**VIEWEG+**  
**TEUBNER**

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.

Dieses Werk entstand mit freundlicher Unterstützung der Continental AG, Division Chassis & Safety.

1. Auflage 2009  
2., korrigierte Auflage 2012

Alle Rechte vorbehalten  
© Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2012

Lektorat: Ewald Schmitt | Elisabeth Lange

Vieweg+Teubner Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.  
Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.  
[www.viewegteubner.de](http://www.viewegteubner.de)



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg  
Technische Redaktion: Gabriele McLemore, Wiesbaden  
Satz: Klementz publishing services, Gundelfingen  
Druck und buchbinderische Verarbeitung: AZ Druck und Datentechnik, Berlin  
Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier  
Printed in Germany

ISBN 978-3-8348-1457-9

# Vorwort zur 2. Auflage

Die erste Auflage des Handbuchs Fahrerassistenzsysteme erschien im Juli 2009 und aufgrund des großen Erfolges, den das Buch erzielte, konnten bereits im September 2010 die Arbeiten an der nun vorliegenden zweiten Auflage beginnen. Hierfür wurden die Inhalte der ersten Auflage überprüft, einige kleinere Fehler korrigiert und notwendige Aktualisierungen vorgenommen.

Ich danke allen Autoren für die kritische Durchsicht ihrer Texte und meinen Mitherausgebern Herrn Stephan Hakuli und Frau Dr.-Ing. Gabriele Wolf, in deren Händen auch dieses Mal die organisatorischen und operativen Aufgaben lagen.

Darmstadt, im Mai 2011

Prof. Dr. rer. nat. *Hermann Winner*

## Vowort zur 1. Auflage

Fahrerassistenzsysteme haben sich in den letzten Jahren rasant entwickelt und sind fester Bestandteil in vielen heutigen Fahrzeugmodellen aller Fahrzeugklassen. Forschung und Entwicklung in Unternehmen und Universitäten beschäftigen sich mit der Optimierung der bestehenden Systeme und mit Weiterentwicklungen, die dem Fahrer ein noch höheres Maß an Assistenz und Unterstützung bieten sollen. Zeugnis dieser Arbeiten legen die vielen wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Tagungsbeiträge ab, doch eine umfassende Darstellung des heutigen Stands der Technik sowie der Grundlagen für die Entwicklung solcher Systeme suchte man bisher im deutschsprachigen Raum vergeblich. Zwar existieren einige Fachbücher, die sich mit Fahrerassistenzsystemen beschäftigen, doch sind diese stark auf einzelne Aspekte wie z. B. die Regelung solcher Systeme fokussiert. Aufbauend auf den Inhalten der Vorlesung *Fahrerassistenzsysteme*, die ich seit 2002 am Fachgebiet Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Darmstadt (FZD) halte (seit dem Sommersemester 2008 mit erweitertem Umfang unter dem Titel *Mechatronik und Assistenzsysteme im Automobil*), wurde die Gliederung des vorliegenden Handbuchs Fahrerassistenzsysteme entwickelt.

Der Umfang der Thematik machte es erforderlich, die inhaltliche Arbeit auf viele Schultern zu verteilen, und so halten Sie nun ein Werk in Händen, dessen 44 Kapitel von insgesamt 96 Experten aus Industrie und Wissenschaft geschrieben wurden. Diese Autoren sind es, denen ich in erster Linie zu Dank verpflichtet bin, denn ohne ihre Bereitschaft, Zeit und Mühen in die Erstellung der Manuskripte zu investieren, hätte dieses Buch nicht entstehen können.

An einem solchen Projekt sind jedoch noch mehr Menschen beteiligt, und ich möchte es nicht versäumen, allen in diesem Vorwort für ihren Beitrag zu danken.

Ganz besonders zu Dank verpflichtet bin ich meinen beiden Mitherausgebern Herrn Stephan Hakuli und Frau Gabriele Wolf, in deren Händen die Organisation und alle operativen Aufgaben dieses Projekts von der Autorenbetreuung über die Zusammenarbeit mit dem Verlag bis zur Erstellung des Gesamtmanuskripts lagen. Für ihr ausgezeichnetes Projektmanagement und ihre Bereitschaft, diese zusätzlichen Aufgaben neben ihrer Arbeit als Wissenschaftliche Mitarbeiter am Fachgebiet Fahrzeugtechnik auf sich zu nehmen, danke ich ihnen sehr herzlich. Frau Wolf danke ich darüber hinaus, dass sie den Anstoß dazu gab, dieses von mir in Gedanken schon länger gehegte Projekt in die Tat umzusetzen.

Dem Verlag Vieweg+Teubner danke ich für die Bereitschaft, dieses Handbuch herauszugeben. Für die angenehme Zusammenarbeit und kompetente Betreuung in allen organisatorischen Fragen sei insbesondere sei Frau Elisabeth Lange gedankt.

Das Lektorat für dieses Buch wurde von Susanne und Katharina Mitteldorf durchgeführt. Ihre sorgfältige und aufmerksame Prüfung hat die hohe sprachliche Qualität der Texte ermöglicht, und dafür sowie die angenehme Zusammenarbeit bedanke ich mich sehr herzlich bei ihnen.

Herrn Danijel Pusic danke ich für seine Mitarbeiter bei der Konzeption des Buches und der Erarbeitung der Gliederung. Unterstützt wurden die Arbeiten an diesem Handbuch in vielfältiger Weise durch die studentischen Hilfskräfte Herrn Johannes Götzelmann, Herrn Richard Hurst, Frau Hyuliya Rashidova und Herrn Philipp Weick. Auch ihnen sei gedankt.

Ich bedanke mich außerdem bei allen FZD-Mitarbeitern, die durch Korrekturlesen, fachliche Diskussionen oder sonstige hilfreiche Beiträge an der Entstehung dieses Buchs mitgewirkt haben.

Darmstadt, im Mai 2009

Prof. Dr. rer. nat. *Hermann Winner*

# Die Herausgeber



[Foto: Fischer, Weinheim]

Prof. Dr. rer. nat. **Hermann Winner** wurde 1955 in Bersenbrück, Niedersachsen, geboren. Von 1976 bis 1981 studierte er Physik an der Westfälischen-Wilhelms-Universität (WWU) in Münster/Westfalen. Anschließend arbeitete er als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Angewandte Physik der WWU Münster, wo er 1987 zum Thema Dynamik der Domänenwände in metallischen Ferromagnetika promovierte.

Von 1987 bis 1994 arbeitete Hermann Winner bei der Robert Bosch GmbH in Karlsruhe, Ettlingen und Schwieberdingen in der Vorentwicklung von Mess- und Informationstechnik und dabei u. a. verantwortlich für die Projekte PROMETHEUS-Drive-by-Wire, die Elektrohydraulische Bremse und Adaptive Cruise Control. In seiner Funktion als Leiter der Serienentwicklung von Adaptive Cruise Control lag sein Schwerpunkt auf Systementwicklung und Applikation und er führte das System schließlich zur Serienreife. In den Jahren 1993 bis 2001 war Hermann Winner außerdem Experte bei der ISO/TC204/WG14 – Vehicle/Roadway Warning and Control Systems – davon fünf Jahre als Leiter der deutschen Spiegelgruppe AK I.14 des FAKRA.

Seit 2002 ist Hermann Winner Inhaber des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik an der Technischen Universität Darmstadt und Leiter des gleichnamigen Fachgebiets (FZD). Er baute dort die Forschung auf dem Gebiet der Fahrerassistenzsysteme aus, das heute eine der Kernkompetenzen von FZD darstellt. In zahlreichen Forschungsprojekten mit der Automobil- und Zulieferindustrie zu den Themen Sensorik, Funktionsbewertungen von Not-brems-, Notausweich- und Einbiege-/Kreuzen-Assistenz sowie zur Systemarchitektur von FAS konnte diese Expertise unter Beweis gestellt werden.

**Stephan Hakuli** studierte Physik an der TU Darmstadt und schloss 2005 als Diplomingenieur der Physik ab. Im Anschluss war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Fahrzeugtechnik tätig und koordinierte zwei Jahre lang die Lehraktivitäten des Fachgebiets. Im Rahmen seiner Forschungstätigkeit beschäftigte er sich mit Conduct-by-Wire, einem integrierten Fahrerassistenzkonzept für manöverbasierte Fahrzeugführung. Seit September 2011 arbeitet Stephan Hakuli als Produktmanager Engineering Services bei der IPG Automotive GmbH in Karlsruhe.

Dr.-Ing. **Gabriele Wolf** studierte Wirtschaftsingenieurwesen Fachrichtung Maschinenbau an der TU Darmstadt und der TU Eindhoven. Nach Abschluss ihres Studiums war sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Fahrzeugtechnik tätig und schloss ihre Promotion im Juli 2010 ab. Gabriele Wolf arbeitet heute als Manager Quality & Process Improvement in der Turbinenproduktion von Alstom Thermal Power am Standort Mannheim.

# Autorenverzeichnis

Abendroth, Bettina, Dr.-Ing.	Technische Universität Darmstadt
Auer, Richard, Dr. rer. nat.	Volkswagen AG
Bachmann, Alexander, MSc	Karlsruher Institut für Technologie
Bachmann, Jürgen, Dipl.-Ing. (FH)	Karlsruher Institut für Technologie
Bartels, Arne, Dr.-Ing.	Volkswagen AG
Bayer, Bernward, Dr.-Ing.	Continental AG
Bielefeld, Jürgen, Dr.	BMW Group
Bock, Thomas, Dr.-Ing.	Audi AG
Brenner, Peter, Dipl.-Ing. (FH)	ZF Lenksysteme GmbH
Breuer, Jörg, Dr.-Ing.	Daimler AG
Brosig, Stefan, Dr.-Ing.	Volkswagen AG
Bruder, Ralph, Prof. Dr.-Ing.	Technische Universität Darmstadt
Büring, Hendrik, Dipl.-Ing. (TH)	ZF Lenksysteme GmbH
Büse, Axel, Dipl.-Ing.	Continental AG
Buxbaum, Bernd, Dr.	PMD Technologies GmbH
Danner, Bernd, Dipl.-Ing.	Daimler AG
Darms, Michael, Dr.-Ing.	Continental AG
Didier, Muriel, Dr.	Sanofi Aventis
Donges, Edmund, Dr.-Ing.	vormals BMW AG
Dörner, Karlheinz, Dipl.-Ing.	MAN Truck & Bus AG
Duchow, Christian, Dipl.-Ing.	Karlsruher Institut für Technologie
Eckert, Alfred, Dipl.-Ing.	Continental AG
Fechner, Thomas, Dipl.-Ing.	Continental AG
Flemisch, Frank, Dr.-Ing.	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Gasser, Tom Michael, Ass. jur.	Bundesanstalt für Straßenwesen
Gayko, Jens E., Dr.-Ing.	DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
Geduld, Georg	vormals Omron Electronics GmbH
Gelau, Christhard, Dr.	Bundesanstalt für Straßenwesen
Gruber, Steffen, Dipl.-Ing.	Continental AG
Hagebecker, Bianca, Dipl.-Ing. (FH)	vormals PMD Technologies GmbH
Hakuli, Stephan, Dipl.-Ing.	IPG Automotive GmbH
Hecker, Falk, Dr.	Knorr-Bremse
Hellmann, Wladimir, Dipl.-Ing.	Continental AG
Hipp, Eberhard, Dipl.-Ing.	MAN Truck & Bus AG



## Autorenverzeichnis

Hoffmann, Jens, Dr.-Ing.	Continental AG
Hohm, Andree, Dr.-Ing.	Continental AG
Hopstock, Matthias, Dipl.-Ing.	BMW Group
Huhn, Wolfgang, Dr.	Audi AG
Isermann, Rolf, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c.	Technische Universität Darmstadt
Kammel, Sören, Dr.-Ing.	vormals Universität Karlsruhe (TH), jetzt Bosch USA
Katzwinkel, Reiner, Dipl.-Ing.	Volkswagen AG
Kersken, Ulrich, Dipl.-Ing.	Robert Bosch Car Multimedia GmbH
Khanh, Tran Quoc, Prof. Dr.-Ing.	Technische Universität Darmstadt
Klanner, Felix, Dr.-Ing.	BMW Group
Kleine-Besten, Thomas, Dr.-Ing.	Robert Bosch Car Multimedia GmbH
Knoll, Peter, Prof. Dr.-Ing.	1) Karlsruher Institut für Technologie (KIT) 2) IF+F Ingenieurbüro für Fahrerassistenz und Fahrerinformation
Köhn, Philip, Dr.-Ing.	BMW Group
König, Winfried, Dr.-Ing.	Robert Bosch GmbH
Kost, Friedrich, Dipl.-Ing.	Robert Bosch GmbH
Landau, Kurt, Prof. Dr.-Ing.	vormals Technische Universität Darmstadt
Lange, Robert, Dr.-Ing.	PMD Technologies GmbH
Löper, Christian, Dipl.-Ing.	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Mages, Mark, Dr.-Ing.	TRW Automotive
Mannale, Roman, Dipl.-Ing.	Continental AG
Maurer, Markus, Prof. Dr.-Ing.	Technische Universität Braunschweig
Mörbe, Matthias, Dipl.-Ing.	Bosch Engineering GmbH
Noll, Martin, Dr.	Robert Bosch GmbH
Ocvirk, Norbert, Dipl.-Ing.	Continental AG
Piller, Bernd, Dipl.-Ing.	Continental AG
Pöchmüller, Werner, Dr.-Ing.	Robert Bosch Car Multimedia GmbH
Rapps, Peter, Dipl.-Phys.	Robert Bosch GmbH
Raste, Thomas, Dr.-Ing.	Continental AG
Rausch, Herbert, Dr.-Ing.	Technische Universität München
Reichart, Günter, Dr.-Ing.	vormals BMW AG
Reimann, Gerd, Dipl.-Ing. (TH)	ZF Lenksysteme GmbH
Reissing, Jörg, Dr.-Ing.	BMW Motorrad
Remfrey, James, Dipl.-Ing.	Continental AG
Richter, Thorsten, Dipl.-Ing.	BMW Group
Rieth, Peter E., Dr.-Ing.	Continental AG
Ringbeck, Thorsten, Dr.-Ing.	PMD Technologies GmbH
Rohlf, Michael, Dr.-Ing.	Volkswagen AG

Schepers, Heiner, Dipl.-Ing. (BA)	Robert Bosch Car Multimedia GmbH
Schiele, Bernt, Prof. Dr.	Max-Planck-Institut für Informatik
Schmitt, Ken, Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Continental AG
Schmitt, Stefan, Dipl.-Ing.	Continental AG
Schmittner, Bernhard, Dipl.-Ing.	Continental AG
Schöning, Volkmar, Dipl.-Ing.	Volkswagen AG
Schreiber, Michael, Dipl.-Wirtsch.-Ing.	vormals Technische Universität Darmstadt
Schroven, Frank, Dipl.-Ing.	Volkswagen AG
Schwertberger, Walter, Dipl.-Ing. (FH)	MAN Truck & Bus AG
Schwitters, Frank, Dipl.-Ing.	Volkswagen AG
Seeck, Andre, Dipl.-Ing.	Bundesanstalt für Straßenwesen
Seiniger, Patrick, Dr.-Ing.	Bundesanstalt für Straßenwesen
Spichalsky, Carsten, Dipl.-Ing.	Volkswagen AG
Steinle, Joachim, Dr.-Ing.	BMW Group
Steinmeyer, Simon, Dipl.-Inf.	Volkswagen AG
Stiller, Christoph, Prof. Dr.-Ing.	Karlsruher Institut für Technologie
Thiel, Robert, Dipl.-Ing.	Continental AG
van Zanten, Anton, Dr.	vormals Robert Bosch GmbH
Völkel, Jürgen, Dipl.-Ing.	Continental AG
Walter, Michael, Dr.	vormals Continental AG
Weitzel, Alexander, Dipl.-Ing.	Technische Universität Darmstadt
Winner, Hermann, Prof. Dr. rer. nat.	Technische Universität Darmstadt
Wojek, Christian, Dr.-Ing.	Max-Planck-Institut für Informatik
Wolf, Gabriele, Dr.-Ing.	ALSTOM Power Systems GmbH
Woyna, Lars, Dipl.-Ing.	vormals Technische Universität Darmstadt
Wuttke, Ulrich, Dipl.-Ing.	Volkswagen AG

# Firmen- und Hochschulverzeichnis

## Firmen

ALSTOM Power Systems GmbH

Audi AG

BMW Group

BMW Motorrad

Bosch Engineering GmbH

Bosch, USA

Bundesanstalt für Straßenwesen

Continental AG

Dr.-Ing. Gabriele Wolf

Dr.-Ing. Thomas Bock

Dr. Wolfgang Huhn

Dr. Jürgen Bielefeld

Dr.-Ing. Edmund Donges (vormals)

Dipl.-Ing. Matthias Hopstock

Dr.-Ing. Felix Klanner

Dr.-Ing. Philip Köhn

Dr.-Ing. Günter Reichart (vormals)

Dipl.-Ing. Thorsten Richter

Dr.-Ing. Joachim Steinle

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Bachmann

Dr.-Ing. Jörg Reissing

Dipl.-Ing. Matthias Mörbe

Dr.-Ing. Sören Kammel

Ass. jur. Tom Michael Gasser

Dr. Christhard Gelau

Dipl.-Ing. Andre Seeck

Dr.-Ing. Patrick Seiniger

Dr.-Ing. Bernward Bayer

Dipl.-Ing. Axel Büse

Dr.-Ing. Michael Darms

Dipl.-Ing. Alfred Eckert

Dipl.-Ing. Thomas Fechner

Dipl.-Ing. Steffen Gruber

Dipl.-Ing. Wladimir Hellmann

Dr.-Ing. Jens Hoffmann

Dr.-Ing. Andree Hohm

Dipl.-Ing. Roman Mannale

Dipl.-Ing. Norbert Ocvirk

Dipl.-Ing. Bernd Piller

Dr.-Ing. Thomas Raste

Dipl.-Ing. James Remfrey

Dr.-Ing. Peter E. Rieth

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Ken Schmitt

## Firmen- und Hochschulverzeichnis

Continental AG (Fortsetzung)	Dipl.-Ing. Stefan Schmitt Dipl.-Ing. Bernhard Schmittner Dipl.-Ing. Robert Thiel Dipl.-Ing. Jürgen Völkel Dr. Michael Walter (vormals)
Daimler AG	Dr.-Ing. Jörg Breuer Dipl.-Ing. Bernd Danner
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	Dr.-Ing. Frank Flemisch Dipl.-Ing. Christian Löper
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE	Dr.-Ing. Jens E. Gayko
IF+F Ingenieurbüro für Fahrerassistenz und Fahrerinformation	Prof. Dr.-Ing. Peter Knoll
IPG Automotive GmbH	Dipl.-Ing. Stephan Hakuli
Knorr-Bremse	Dr. Falk Hecker
MAN Truck & Bus AG	Dipl.-Ing. Karlheinz Dörner Dipl.-Ing. Eberhard Hipp Dipl.-Ing. (FH) Walter Schwertberger
PMD Technologies GmbH	Dr. Bernd Buxbaum Dipl.-Ing. (FH) Bianca Hagebecker (vormals) Dr.-Ing. Robert Lange Dr.-Ing. Thorsten Ringbeck
Omron Electronics GmbH	Georg Geduld (vormals)
Robert Bosch Car Multimedia GmbH	Dipl.-Ing. Ulrich Kersken Dr.-Ing. Thomas Kleine-Besten Dr.-Ing. Werner Pöchmüller Dipl.-Ing. (BA) Heiner Schepers
Robert Bosch GmbH	Dr.-Ing. Winfried König Dipl.-Ing. Friedrich Kost Dr. Martin Noll Dipl.-Phys. Peter Rapps Dr. Anton van Zanten (vormals)
Sanofi Aventis	Dr. Muriel Didier
TRW Automotive	Dr.-Ing. Mark Mages
Volkswagen AG	Dr. rer. nat. Richard Auer Dr.-Ing. Arne Bartels Dr.-Ing. Stefan Brosig Dipl.-Ing. Reiner Katzwinkel Dr.-Ing. Michael Rohlf Dipl.-Ing. Volkmar Schöning

Volkswagen AG (Fortsetzung)

Dipl.-Ing. Frank Schroven  
 Dipl.-Ing. Frank Schwitters  
 Dipl.-Ing. Carsten Spichalsky  
 Dipl.-Inf. Simon Steinmeyer  
 Dipl.-Ing. Ulrich Wuttke

ZF Lenksysteme GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Peter Brenner  
 Dipl.-Ing. (TH) Hendrik Büring  
 Dipl.-Ing. (TH) Gerd Reimann

**Hochschulen**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

MSc Alexander Bachmann  
 Dipl.-Ing. Christian Duchow  
 Prof. Dr.-Ing. Peter Knoll  
 Prof. Dr.-Ing. Christoph Stiller

Max-Planck-Institut für Informatik

Prof. Dr. Bernt Schiele  
 Dr.-Ing. Christian Wojek

Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Markus Maurer

Technische Universität Darmstadt

Dr.-Ing. Bettina Abendroth  
 Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder  
 Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Rolf Isermann  
 Prof. Dr.-Ing. Tran Quoc Khanh  
 Prof. Dr.-Ing. Kurt Landau (vormals)  
 Dipl.-Wirtsch.-Ing. Michael Schreiber (vormals)  
 Dipl.-Ing. Alexander Weitzel  
 Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner  
 Dipl.-Ing. Lars Woyna (vormals)  
 Dr.-Ing. Herbert Rausch

Technische Universität München

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	1
<b>A Grundlagen der Fahrerassistenzsystementwicklung</b> .....	3
<b>1 Die Leistungsfähigkeit des Menschen für die Fahrzeugführung</b> .....	4
1.1 Menschlicher Informationsverarbeitungsprozess .....	4
1.1.1 Informationsaufnahme .....	5
1.1.2 Informationsverarbeitung .....	6
1.1.3 Informationsabgabe .....	8
1.2 Fahrercharakteristik und die Grenzen menschlicher Leistungsfähigkeit .....	8
1.3 Anforderungen an den Fahrzeugführer im System Fahrer-Fahrzeug-Umgebung .....	10
1.4 Bewertung der Anforderungen aus der Fahrzeugführungsaufgabe im Hinblick auf die menschliche Leistungsfähigkeit .....	12
<b>2 Fahrerverhaltensmodelle</b> .....	15
2.1 Drei-Ebenen-Modell für zielgerichtete Tätigkeiten des Menschen nach Rasmussen, 1983 ..	15
2.2 Drei-Ebenen-Hierarchie der Fahraufgabe nach Donges, 1982 .....	16
2.3 Beispiel eines regelungstechnischen Modellansatzes für die Führungs- und Stabilisierungsebene der Fahraufgabe .....	17
2.4 Zeitkriterien .....	19
2.5 Neuer Ansatz zur Quantifizierung von fertigungs-, regel- und wissensbasiertem Verhalten im Straßenverkehr .....	20
2.6 Folgerungen für Fahrerassistenzsysteme .....	22
<b>3 Fahrerassistenz und Verkehrssicherheit</b> .....	24
3.1 Einleitung .....	24
3.2 Erwartete Auswirkungen von Fahrerassistenzsystemen auf die Verkehrssicherheit .....	24
3.3 Bewertung von Fahrerassistenzsystemen vor dem Hintergrund von Ratings und gesetzlichen Vorschriften .....	27
3.3.1 Typzulassungsbestimmungen .....	27
3.3.2 Anforderungen der Verbraucherorganisationen .....	27
3.3.3 Herstellerinterne Anforderungen .....	28
3.3.4 Beyond NCAP – Die zukünftige Euro NCAP-Bewertung .....	28
3.4 Rechtliche Grenzen autonom eingreifender Fahrerassistenzsysteme .....	29
<b>4 Nutzergerechte Entwicklung der Mensch-Maschine-Interaktion von Fahrerassistenzsystemen</b> .....	33
4.1 Übersicht .....	33
4.2 Fragestellungen bei der Entwicklung der Mensch-Maschine-Interaktion (HMI) von FAS ..	33
4.2.1 Unterstützung durch FAS .....	33
4.2.2 Leistungen und Grenzen der FAS .....	33
4.2.3 Benötigte Kompetenzen und Fachbereiche .....	34
4.2.4 Einflussfaktoren bei der Entwicklung von FAS .....	34
4.2.5 Interaktionskanäle zwischen Fahrer, FAS und Fahrzeug .....	34
4.2.6 Änderung der Beziehung Fahrer-Fahrzeug durch FAS .....	35
4.2.7 Situationsbewusstsein des Fahrers .....	36
4.2.8 Inneres Modell .....	36
4.2.9 Entlastung oder Belastung durch FIS und FAS? .....	37
4.2.10 Verantwortung des Fahrers .....	37
4.2.11 Stärken von Mensch und Maschine .....	37

## Inhaltsverzeichnis

4.3	Systematische Entwicklung des HMI von FAS	37
4.3.1	Die Entwicklung des HMI im FAS-Entwicklungsprozess	37
4.3.2	Unterstützungsbedarf des Fahrers	38
4.3.3	Leitlinien zur Entwicklung von FIS und FAS	38
4.3.4	Richtlinien für FIS – „European Statements of Principles on HMI“ (ESoP)	39
4.3.5	Normen zur Gestaltung von FIS und FAS	39
4.3.6	Entwicklung von Normen	40
4.3.7	ISO-Normen zu HMI im Kfz	40
4.4	Bewertung von FAS-Gestaltungen	40
4.5	Zusammenfassung	42
<b>5</b>	<b>Entwurf und Test von Fahrerassistenzsystemen</b>	<b>43</b>
5.1	Begriffsklärung „Fahrerassistenzsysteme“	43
5.2	Motivation des Beitrags	44
5.3	Fahrerassistenzsysteme aus Sicht des Fahrers	44
5.4	Systematischer Entwurf von Fahrerassistenzsystemen	45
5.5	Systematischer Entwurf einer „Automatischen Notbremse“	47
5.5.1	Nutzerorientierte Funktionsdefinition	47
5.5.2	Aspekte der Systemarchitektur	50
5.5.3	Funktionale Tests von Fahrerassistenzsystemen	51
5.5.4	Testfall „berechtigte Auslösung“ – Vehicle-in-the-Loop	51
5.5.5	Fehlerwahrscheinlichkeit für „unberechtigte Auslösung“ – trojanische Pferde	52
5.6	Zusammenfassung	52
<b>6</b>	<b>Bewertungsverfahren von Fahrerassistenzsystemen</b>	<b>55</b>
6.1	Zielsetzung der nutzerorientierten Bewertung	55
6.2	Anforderungen an Bewertungsverfahren	55
6.3	Eingesetzte Verfahren	57
6.3.1	Versuche an Fahrsimulatoren	57
6.3.2	Versuche auf Testgeländen (kontrolliertes Feld)	58
6.3.3	Versuche im realen Straßenverkehr (Feldversuche)	59
6.4	Exemplarische Anwendungen	59
6.4.1	Bewertung von Sicherheitssystemen am Fahrsimulator	59
6.4.2	Bewertung einer Sicherheitsfunktion in Versuchen auf einem Testgelände	64
6.4.3	Bewertung von Assistenzfunktion in Versuchen im realen Straßenverkehr	65
<b>7</b>	<b>EVITA – Das Prüfverfahren zur Beurteilung von Antikollisionssystemen</b>	<b>69</b>
7.1	Einleitung	69
7.2	Bisher bekannte Testverfahren	69
7.3	Das Dummy Target EVITA	70
7.3.1	Ziele	70
7.3.2	Konzept	70
7.3.3	Aufbau	71
7.3.4	Versuchsablauf	71
7.3.5	Leistungsdaten	72
7.4	Messkonzept im Versuchsfahrzeug	72
7.5	Gefährdungen von Versuchsteilnehmern	72
7.6	Bewertungsmethode	73
7.6.1	Wirksamkeit eines Antikollisionssystems	73
7.6.2	Probandenversuch	73
7.6.3	Beurteilungszeitraum	73
7.6.4	Vergleiche von Antikollisionssystemen	74
7.7	Ergebnisse	75