

ATZ/MTZ-Fachbuch

Wolfgang Siebenpfeiffer *Hrsg.*

Vernetztes Automobil

Sicherheit · Car-IT · Konzepte

 Springer Vieweg

ATZ/MTZ-Fachbuch

Wolfgang Siebenpfeiffer *Hrsg.*

Vernetztes Automobil

Sicherheit · Car-IT · Konzepte

 Springer Vieweg

ATZ/MTZ-Fachbuch

Die komplexe Technik heutiger Kraftfahrzeuge und Motoren macht einen immer größer werdenden Fundus an Informationen notwendig, um die Funktion und die Arbeitsweise von Komponenten oder Systemen zu verstehen. Den raschen und sicheren Zugriff auf diese Informationen bietet die regelmäßig aktualisierte Reihe ATZ/MTZ-Fachbuch, welche die zum Verständnis erforderlichen Grundlagen, Daten und Erklärungen anschaulich, systematisch und anwendungsorientiert zusammenstellt.

Die Reihe wendet sich an Fahrzeug- und Motoreningenieure sowie Studierende, die Nachschlagebedarf haben und im Zusammenhang Fragestellungen ihres Arbeitsfeldes verstehen müssen und an Professoren und Dozenten an Universitäten und Hochschulen mit Schwerpunkt Kraftfahrzeug- und Motorentechnik. Sie liefert gleichzeitig das theoretische Rüstzeug für das Verständnis wie auch die Anwendungen, wie sie für Gutachter, Forscher und Entwicklungsingenieure in der Automobil- und Zulieferindustrie sowie bei Dienstleistern benötigt werden.

Wolfgang Siebenpfeiffer
(Hrsg.)

Vernetztes Automobil

Sicherheit - Car-IT - Konzepte

Mit 154 Abbildungen

 Springer Vieweg

Herausgeber

Wolfgang Siebenpfeiffer
Stuttgart, Deutschland

ISBN 978-3-658-04018-5
DOI 10.1007/978-3-658-04019-2

ISBN 978-3-658-04019-2 (eBook)

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

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, 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.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+BusinessMedia
www.springer-vieweg.de

Vorwort

Die Vernetzung im und mit dem Automobil ist unaufhaltsam. Der Anstieg der Fahrzeugfunktionen hat schon vor Jahren dazu geführt, dass die Komplexität nur dann zu beherrschen ist, wenn elektronische Systeme miteinander vernetzt werden. Umweltschutz, Sicherheit und Komfort standen bisher im Vordergrund. Jetzt erhalten immer mehr Assistenz- und Infotainmentsysteme Einzug ins Fahrzeug. Einher geht die Verbindung nach außen und in der Folge zum Internet. Die Mensch-Maschine-Interaktion hat damit eine neue Dimension erreicht. Die neuen Entwicklungen treiben die Vernetzung nach stärker an als das bisher vorauszusagen war.

Die Motivation für diesen Band aus der ATZ/MTZ-Reihe von Springer Vieweg war, die in den Zeitschriften ATZ und ATZelektronik veröffentlichten Entwicklungsarbeiten hinsichtlich ihrer Zukunftsfähigkeit einem breiteren Fachpublikum zu vermitteln. Im ersten Teil stehen Themen der Sicherheit im Mittelpunkt. Hier können zum Beispiel Assistenzsysteme mit der Kommunikation der Fahrzeuge untereinander einen nach-

weislich wichtigen Beitrag zur Vision des unfallfreien Fahrens leisten.

Aus dem Blickwinkel der Car-IT werden im zweiten Teil Fragen der Infrastruktur, der IT-Sicherheit bei Elektrofahrzeugen, der Software und der Architekturintegration behandelt. Für Automobilhersteller und Zulieferer eröffnet die Fahrzeug-IT große Chancen, aber viele Aufgaben warten noch auf eine praxisgerechte Lösung. Die beschriebenen Ergebnisse sind Anregungen dafür, die Durchdringung der Fahrzeugtechnik mit diesem Thema voranzutreiben.

Im dritten Teil dieses Bandes liegt der Schwerpunkt auf den Konzepten. Hier fließen Themen zusammen, deren Wissen eine unumgängliche Voraussetzung ist, um die vielfältige Aufgliederung der Vernetzung im Automobil ganzheitlich zu verstehen. Im Detail erlaubt sie einen Einblick in die Zusammenführung der Einzelsysteme zu einem wirkungsvollen Gesamtsystem.

Stuttgart, Dezember 2013

Wolfgang Siebenpfeiffer

Autorenverzeichnis

Teil 1: Sicherheit

Das Vernetzte Auto – nur mit offenen Architekturen gelingt es

Hans-Georg Frischkorn

Executive Vice President Automotive Division, ESG Elektroniksystem- und Logistik-GmbH

Vernetzung zwischen Airbag und ESP zur Vermeidung von Folgekollisionen

Dipl.-Ing. Alexander Häusser ist Abteilungsleiter Engineering Systems Vehicle Motion and Safety im Bereich Chassis Systems Control bei der Robert Bosch GmbH in Stuttgart.

Dipl.-Ing. Ralf Schäffler ist Entwicklungsingenieur bei Engineering Systems Vehicle Motion and Safety im Bereich Chassis Systems Control bei der Robert Bosch GmbH in Stuttgart.

Dipl.-Ing. Andreas Georgi ist Gruppenleiter in der Abteilung für Fahrzeugsicherheits- und Assistenzsysteme im Zentralbereich Forschung und Vorausentwicklung der Robert Bosch GmbH in Stuttgart.

Dr.-Ing. Stephan Stabrey ist Entwicklungsingenieur für Fahrzeugsicherheits- und Assistenzsysteme im Zentralbereich Forschung und Vorausentwicklung der Robert Bosch GmbH in Stuttgart.

Testsystem für integrierte, hochvernetzte Sicherheitssysteme

Dipl.-Ing. (FH) Kathrin Sattler ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für angewandte Forschung der Hochschule Ingolstadt.

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Raith ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für angewandte Forschung der Hochschule Ingolstadt.

Dipl.-Ing. Daouda Sadou ist Leiter der Abteilung Test und Functional Safety Management, Insassenschutz und Inertialsensorik bei der Continental Automotive GmbH in Regensburg.

Dr.-Ing. Christian Schyr ist Produktmanager Testsysteme bei der IPG Automotive GmbH in Karlsruhe.

Mehr Sicherheit durch Positionsbestimmung mit Satelliten und Landmarken

Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Roland Krzikalla ist Koordinator von Forschungsprojekten zu Infrastruktursensorik und Umfeldfassung in Fahrzeugen mit Laserscannern bei der Sick AG in Hamburg. Im Forschungsprojekt Ko-PER leitet er die Arbeitsgruppe Fahrzeug-Eigenlokalisierung.

Dipl.-Inf. Andreas Schindler ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter für die Gebiete der Umgebungspertzeption und landmarkenbasierten Fahrzeug-Eigenlokalisierung am Institut Forwiss der Universität Passau.

Dipl.-Ing. Matthias Wankerl ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter mit dem Schwerpunkt GNSS/INS-Datenfusion zur Fahrzeug-Eigenlokalisierung am Institut für Theoretische Elektrotechnik und Systemoptimierung (ITE) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Reiner Wertheimer
war Referent für technische Perzeption, Fahrerassistenz und präventive Sicherheit bei der BMW Group Forschung und Technik in München. Er ist Leiter des Forschungsprojekts Ko-PER auch nach seiner Pensionierung in 2011.

Wirkungsanalyse von Abstandsregelung und Abstandswarnung

Dipl.-Ing. Mohamed Benmimoun
ist Teamleiter Aktive Sicherheit FAS am Institut für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen University.

Dipl.-Ing. Andreas Pütz
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen University.

Dr.-Ing. Adrian Zlocki
ist Leiter des Geschäftsbereichs Fahrerassistenz am Institut für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen University.

Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein
ist Leiter des Instituts für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen University.

Fahrerunterstützung beim Ein- und Ausfädeln

Dipl.-Ing. Sascha Knake-Langhorst
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Situationserfassung und Datenmanagement am Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Braunschweig.

Dipl.-Ing. Christian Löper
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich der Funktionsentwicklung für Assistenz- und Automationssysteme am DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik in Braunschweig.

Dipl.-Ing. Norbert Schebitz
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich der menschenzentrierten Entwicklung von Fahrerassistenz am DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik in Braunschweig.

PD Dr. Frank Köster
leitet die Abteilung Automotive im DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik in Braunschweig.

Automatische Manöverentscheidungen auf Basis unsicherer Sensordaten

Dr.-Ing. Robin Schubert
war Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Nachrichtentechnik der TU Chemnitz und ist nun geschäftsführender Gesellschafter der Baselabs GmbH in Chemnitz.

Satellitenbasiertes Kollisionsvermeidungssystem

Dipl.-Ing. Frederic Christen
leitet das Team „Simulation Verkehr und FAS“ in der Abteilung Fahrerassistenz der Forschungsgesellschaft Kraftfahrzeugwesen mbH Aachen.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein
ist Leiter des Instituts für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen.

Dipl.-Inf. Alexander Katriniok
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Regelungstechnik der RWTH Aachen.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Abel
ist Leiter des Instituts für Regelungstechnik der RWTH Aachen.

„Keine unüberwindbaren Hürden beim automatisierten Fahren“

Interview von Markus Schöttle mit Prof. Dr. Ralf G. Herrtwich, Daimler AG

Teil 2: Car-IT**Echtzeitfähige Car-to-X-Kommunikationsabsicherung und E/E-Architekturintegration**

Dr. Ing. Benjamin Glas

war Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und ist nun Mitarbeiter Embedded Security der Robert Bosch GmbH in Stuttgart.

Dr.-Ing. Oliver Sander

war Wissenschaftlicher Mitarbeiter des ITIV am KIT und ist dort verantwortlich für die Forschungsgruppe Automobiltechnik am KIT in Karlsruhe.

Prof. Dr.-Ing. Klaus D. Müller-Glaser ist Teil der kollegialen Institutsleitung des ITIV am KIT und Direktor des Forschungsbereichs Embedded Systems and Sensors Engineering (ESS) am Forschungszentrum Informatik (FZI) in Karlsruhe.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Becker

ist Teil der kollegialen Institutsleitung des ITIV am KIT, Chief Higher Education Officer des KIT und Direktor des Forschungsbereichs ESS des FZI in Karlsruhe.

Ladetechnik und IT für Elektrofahrzeuge

Knut Hechtfisher

ist Mitbegründer und Geschäftsführer von Ubitricity, Gesellschaft für verteilte Energiesysteme mbH in Berlin.

Dr. Norbert Zisky

ist Leiter der Arbeitsgruppe Datenkommunikation und -sicherheit in der Abteilung Medizinphysik und Metrologische Informationstechnik an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Berlin.

Markus Hauser

ist Projektleiter Softwareentwicklung im Bereich Komponentenentwicklung bei Gigatronik in Stuttgart.

Dirk Grossmann

ist Gruppenleiter für Embedded Software bei der Vector Informatik GmbH in Stuttgart.

Pretended Networking Migrationsfähiger Teilnetzbetrieb

Jörg Speh

arbeitet im Bereich E/E-Architektur bei der Volkswagen AG in Wolfsburg.

Dr. Marcel Wille

arbeitet im Bereich VW-Fahrzeugvernetzung und ist Autosar-Projektleiter für die Volkswagen AG in Wolfsburg.

IT-Sicherheit in der Elektromobilität

Prof. Dr.-Ing. Christof Paar

führt den Lehrstuhl Eingebettete Sicherheit an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Ruhr-Universität Bochum.

Dr.-Ing. Marko Wolf

ist Senior Security Engineer der Escripte GmbH – Embedded Security in Bochum.

Dipl.-Ing. Ingo von Maurich

ist Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Sichere Hardware an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Ruhr-Universität Bochum.

System-on-Chip-Plattform verbindet**Endgeräte- und Automobiltechnik**

Andreas Burkert, ATZ-Korrespondent

Perspektiven softwarebasierter**Konnektivität**

Andreas Burkert, ATZ-Korrespondent

„Wir gehen unseren Weg“

Interview von Markus Schöttle mit

Dipl.-Ing. Ralf Lamberti, Leiter Vorentwicklung und Infotainment, Daimler AG

Sichere Botschaften – Moderne Kryptographie zum Schutz von Steuergeräten

Dr. Marko Wolf
ist Technischer Leiter der Escript GmbH in München.

André Osterhues
ist Niederlassungsleiter der Escript GmbH in Bochum.

Fahrerassistenzsysteme – Effizienter Entwurf von Softwarekomponenten

Dr. Robin Schubert
ist Geschäftsführer der Baselabs GmbH in Chemnitz.

Chiplösungen für Fahrerassistenzsysteme

Philipp Hudelmaier
ist System Engineer im Bereich Business Development und System Solutions bei Fujitsu Semiconductor Europe in München.

Dr. Karsten Schmidt
ist System Engineer im Bereich Business Development und System Solutions bei Fujitsu Semiconductor Europe in München.

Head-up-Display – Die nächste Generation mit Augmented-Reality-Technik

Dr. Jochen Blume
ist Leiter der Basisentwicklung Elektromechanik im Bereich Instrumentation & Driver HMI bei Continental in Babenhausen.

Dr. Thorsten Alexander Kern
ist Leiter der Head-up-Display-Entwicklung im Bereich Instrumentation & Driver HMI bei Continental in Babenhausen.

Dr. Pablo Richter
ist Head-up-Display-Experte im Bereich Instrumentation & Driver HMI bei Continental in Babenhausen.

Teil 3: Konzepte**Assistenzsystem für mehr Kraftstoffeffizienz**

Philip Markschläger
ist Entwicklungsingenieur Energiemanagement bei der Porsche AG in Weissach.

Hans-Georg Wahl
ist Doktorand des Instituts für Fahrzeugtechnik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in Karlsruhe.

Dr. Frank Weberbauer
ist Leiter Konzepte & Funktionen Energiemanagement bei der Porsche AG in Weissach.

Dr. Matthias Lederer
ist Leiter Energiemanagement bei der Porsche AG in Weissach.

Teilnetzbetrieb – Abschaltung inaktiver Steuergeräte

Stephan Esch
ist Leiter E/E Fahrzeugvernetzung bei der Audi AG in Ingolstadt.

Jürgen Meyer
arbeitet im Projekt Teilnetzbetrieb und WakeUp-Sleep-Konzepte bei der Audi AG in Ingolstadt.

Günter Linn
arbeitet im Bereich Physical Layer Flexray und Hardware-Teilnetzbetrieb bei der Audi AG in Ingolstadt.

Vollautomatische Kamera-zu-Fahrzeug-Kalibrierung

Dipl.-Inf. Juri Platonov
ist Systemberater Computer Vision bei ESG in München.

Pawel Kaczmarczyk (M.Sc.)
ist Systemingenieur Computer Vision bei ESG in München.

Dipl.-Ing. Thomas Gebauer
ist Systemingenieur Computer Vision bei ESG in München.

Apps nutzen offene Telematikplattform für Flottenfahrzeuge

Thomas Rösch
ist Geschäftsführer Openmatics s.r.o. in Pilsen (Tschechien).

Simuliertes GPS-Space-Segment und Sensorfusion zur spurgegenauen Positionsbestimmung

Dipl.-Ing. Tobias Butz
ist Applikationsingenieur Testsysteme & Engineering bei IPG Automotive GmbH in Karlsruhe.

Dipl.-Ing. Uwe Wurster
ist Leiter Testsysteme & Engineering bei IPG Automotive GmbH in Karlsruhe.

Prof. Dr. Ing. Gert F. Trommer
ist Professor am Institut für Theoretische Elektrotechnik und Systemoptimierung des Karlsruhe Institut für Technologie (KIT).

Dipl.-Ing. Matthias Wankerl
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Theoretische Elektrotechnik und Systemoptimierung des Karlsruhe Institut für Technologie (KIT).

Reichweitenprognose für Elektromobile

Dr.-Ing. Peter Conradi
ist Geschäftsführer der All4IP Technologies GmbH & Co. KG in Darmstadt.

Funktionen vereint – Kombiinstrument, Infotainment und Flottenmanagement

Philipp Hudelmaier
ist Systems Engineer bei Fujitsu Semiconductor Europe in München.

Stabile Satellitenverbindung durch flüssigkristallbasierte, phasengesteuerte Gruppenantennen

M. Sc. Onur Hamza Karabey
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Mikrowellentechnik und Photonik an der TU Darmstadt.

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Maasch
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Mikrowellentechnik und Photonik an der TU Darmstadt.

Prof. Dr.-Ing. Rolf Jakoby
ist Leiter des Fachgebiets Mikrowellentechnik und Photonik an der TU Darmstadt.

Erweiterung der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation mit Funkortungstechniken

Dr.-Ing. Daniel Schwarz
ist Projektsprecher des Verbundprojekts Ko-TAG der Ko-FAS-Forschungsinitiative und arbeitet im Bereich Konzepte „Aktive und Integrale Sicherheit“ bei der BMW Group in München.

Umfeldmodelle – standardisierte Schnittstellen für Assistenzsysteme

Dipl.-Ing. Ralph Grewe
ist zuständig für die Umfeldmodellierung für Fahrerassistenzsysteme bei Continental Chassis & Safety, Advanced Engineering und externer Doktorand am Institut für Fahrzeugtechnik (FZD) der Technischen Universität Darmstadt.

Dr.-Ing. Andree Hohm
ist Systemarchitekt für Fahrerassistenzsysteme Chassis & Safety, Advanced Engineering bei Continental in Frankfurt am Main.

Dr.-Ing. Stefan Lücke
ist Leiter ADAS & Contiguard bei Continental Chassis & Safety, Advanced Engineering in Frankfurt am Main.

Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner
leitet das Fachgebiet Fahrzeugtechnik (FZD) der Technischen Universität Darmstadt.

**Anforderungen an ein Referenzsystem
für die Fahrzeugortung**

Dipl.-Ing. Marco Wegener
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am
Institut für Verkehrssicherheit und Auto-
matisierungstechnik der Technischen
Universität Braunschweig.

Dipl.-Ing. Matthias Hübner
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am
Institut für Verkehrssicherheit und Auto-
matisierungstechnik der Technischen
Universität Braunschweig.

Dipl.-Ing. Mohamed Brahmi
ist Doktorand an der TU Braunschweig
im Bereich Fahrerassistenzsysteme in
Zusammenarbeit mit der Audi AG in
Ingolstadt.

Dr.-Ing. Karl-Heinz Siedersberger
ist Gruppenleiter in der Vorentwicklung
Fahrerassistenzsysteme bei der Audi AG
in Ingolstadt.

**Elektronischer Horizont – Vorausschauende
Systeme und deren Anbindung an
Navigationseinheiten**

Jürgen Ludwig
verantwortet den Bereich Geschäfts-
entwicklung Fahrerassistenzsysteme
bei Elektrobit in Erlangen.

Von der Straße ins Internet

Dr. Stephan Steglich
ist Webinos-Projektleiter und Leiter des
Kompetenzzentrum FAME – Future
Applications und Media am Fraunhofer-
Institut für offene Kommunikationssy-
steme Fokus in Berlin.

Christian Fuhrhop
ist Leiter der Spezifikation im Webinos-
Projekt und Forscher im Kompeten-
zentrum FAME – Future Applications
und Media am Fraunhofer-Institut für
offene Kommunikationssysteme Fokus
in Berlin.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Teil 1: Sicherheit	
Das Vernetzte Auto – nur mit offenen Architekturen gelingt es	5
Gastkommentar von Hans-Georg Frischkorn, ESG	
Vernetzung zwischen Airbag und ESP zur Vermeidung von Folgekollisionen	6
Unfallfreies Fahren	7
Von der Wirkfeldanalyse zur Nutzen- und Risikobewertung	7
Funktionsauslegung	8
Validierung der Funktion	11
Zusammenfassung und Ausblick	11
Literaturhinweis	12
Testsystem für integrierte, hochvernetzte Sicherheitssysteme	13
Motivation	14
Testsystem	15
Testmethoden und -strategie	16
Ausblick	18
Literaturhinweise	19
Mehr Sicherheit durch Positionsbestimmung mit Satelliten und Landmarken	20
Anteil komplexer Unfälle nimmt zu	21
Eng gekoppeltes GNSS/INS	22
Kooperatives GNSS	23
Ko-TAG-Transponder an Kreuzungen	23
Hochgenaue digitale Karten	23
Laserscanner und fahrbahn-begleitende Landmarken	24
Landmarken und Fahrstreifen – Laserscanner und Kamera	25
Literaturhinweise	26
Wirkungsanalyse von Abstandsregelung und Abstandswarnung	27
Einführung	28
Stand der Technik	28
Methodik	29
Versuchsdesign	29
Datenanalyse	30
Ergebnisse der Wirkungsanalyse	32
Verkehrssicherheit	32
Fahrerverhalten	33
Kraftstoffverbrauch	34

Zusammenfassung und Ausblick	35
Literaturhinweise	36
Fahrerunterstützung beim Ein- und Ausfädeln	37
Motivation	38
Konzeption des Ein- und Ausfädelassistenten	38
Lückenanalyse als Kernelement des Ein- und Ausfädelassistenten	40
Umsetzung und Ergebnisse	43
Zusammenfassung	45
Literaturhinweise	45
Automatische Manöverentscheidungen auf Basis unsicherer Sensordaten	47
Einleitung	48
Bayes'sche Signalverarbeitung	49
Objektbewertung	49
Situationsbewertung	49
Einflussbewertung	50
Entscheidungsnetze	50
Fahrstreifenwechselmanöver auf Autobahnen	51
Zusammenfassung	54
Literaturhinweise	54
Satellitenbasiertes Kollisionsvermeidungssystem	55
Hintergrund	56
Perzeption und Sensorfusion	56
Deeskalation und Eingriffsentscheidung	57
Time-to-Collision	58
Berechnung des minimalen Abstands	59
Berechnung der negativen Schnittfläche	60
Bewertung	60
Literaturhinweise	63
„Keine unüberwindbaren Hürden beim automatisierten Fahren“	64
Interview von Markus Schöttle mit Ralf G. Herrtwich	

Teil 2: Car-IT

Echtzeitfähige Car-to-X-Kommunikationsabsicherung und E/E-Architekturintegration	70
Einleitung	71
Ein modulares C2X-Kommunikationssystem	72
C2X-Kommunikationsmechanismen	72
Systemarchitektur und Einbettung	72
Verarbeitungsschritte	74
Überblick der verwendeten Mechanismen und Systemeigenschaften	74
Security Processing	75