

ATZ/MTZ-Fachbuch



Konrad Reif

Automobil- elektronik

Eine Einführung für Ingenieure

5. Auflage

 Springer Vieweg

ATZ/MTZ-Fachbuch



Konrad Reif

Automobil- elektronik

Eine Einführung für Ingenieure

5. Auflage

 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.

Konrad Reif

Automobilelektronik

Eine Einführung für Ingenieure

5., überarbeitete Auflage

 Springer Vieweg

Prof. Dr.-Ing. Konrad Reif
Duale Hochschule Baden-Württemberg
Ravensburg, Campus Friedrichshafen,
Friedrichshafen, Deutschland
reif@dhbw-ravensburg.de

ISBN 978-3-658-05047-4
DOI 10.1007/978-3-658-05048-1

ISBN 978-3-658-05048-1 (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 2006, 2007, 2009, 2012, 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.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Einbandabbildung: Audi AG

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
(www.springer.com)
(www.springer-vieweg.de)

Vorwort

Automobilelektronik wendet sich an Studenten der Ingenieurwissenschaften, in der Praxis stehende Ingenieure, Ausbilder in der innerbetrieblichen Aus- und Weiterbildung und an Lehrer in den beruflichen Schulen. Das Buch spricht gleichzeitig den Leserkreis mit rein elektrotechnischem und mit rein fahrzeugtechnischem Vorwissen an. Es gibt einen ersten Überblick über die elektronische, elektrische und regelungstechnische Welt der Automobiltechnik. Dabei wird sowohl auf fahrzeugübergreifende Themen wie Vernetzung, Echtzeitsysteme, Software, funktionale Sicherheit und Diagnose, als auch auf wichtige elektronische Systeme wie Motor- und Getriebesteuerung, aktive und passive Sicherheit, elektrische Energieversorgung, Komfortelektronik sowie Navigations- und Fahrerassistenzsysteme eingegangen.

Die hier vorliegende 5. Auflage wurde ergänzt um einen Abschnitt zur erweiterten Diagnose. Dabei stand die Diagnose-Kommunikation im Vordergrund. Viele aktuelle Themen der Motorsteuerung betreffen sowohl den Otto- als auch den Dieselmotor. Um dies schlüssig und für den Leser transparent darzustellen, wurden die beiden Themen Otto- und Dieselmotorsteuerung in ein Kapitel zusammengefasst und einheitlich behandelt. Außerdem wurde in der neuen Auflage der Tatsache Rechnung getragen, dass sich gerade bei den Fahrerassistenzsystemen sehr viel getan hat. Daher wurde das entsprechende Kapitel grundlegend neu gefasst und um viele neue Themen erweitert. Dasselbe gilt für das Thema AUTOSAR: Auch hier war eine grundlegende Neufassung des entsprechenden Abschnitts notwendig. Ferner wurde das Kapitel über Diagnose verbessert und ergänzt. Es finden sich jetzt die Diagnoseaspekte von Entwicklung, Produktion und Service im selben Kapitel, so dass dem Leser die Übersicht wesentlich erleichtert wird.

Inhaltlich und didaktisch orientiert sich das Buch an Vorlesungen der Studienrichtung „Fahrzeugelektronik und Mechatronische Systeme“ für Studenten der Elektrotechnik, wie sie an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg, Ravensburg, Campus Friedrichshafen in Zusammenarbeit mit Automobil- und Zulieferfirmen seit zehn Jahren angeboten wird und regen Zulauf findet. Viele Erfahrungen bei der Vermittlung des Stoffes sind dabei in das Buch mit eingeflossen. Im Vordergrund steht nicht die vollständige Abdeckung des Fachgebietes, sondern die systematische Darstellung grundlegender Prinzipien. Das Buch muss für den Leser in einer vertretbaren Zeit lesbar sein, es darf also nicht zu viel Material beinhalten. Deshalb wurde der Inhalt auf Gebiete beschränkt, die besonders stark automobilspezifisch geprägt sind, und die sowohl für Leser mit rein elektrotechnischer als auch rein fahrzeugtechnischer Vorbildung verständlich sind. So mussten Gebiete wie z. B. Hardware-Entwicklung oder EMV ausgespart werden. Nicht behandelt werden außerdem Multimedia und Telematik (mit Ausnahme der Navigationssysteme), die zwar viel Elektronik beinhalten, aber zum größten Teil „aus der normalen Elektronik- und Computerwelt entliehen“ sind. Auch wird hier nur der derzeitige Stand der Technik behandelt. Themen, die sich noch nicht in der vollen Breite durchgesetzt haben, sind der weiterführenden Literatur vorbehalten.

Die Automobilelektronik lässt sich aus zwei grundlegend verschiedenen Blickwinkeln erklären, nämlich aus dem funktionsorientierten und dem komponentenorientierten. Die funktionsorientierte Sichtweise ermöglicht ein vertieftes Verständnis des gesamten Fahrzeugs einschließlich der komponentenübergreifenden Funktionen. Dagegen erlaubt die komponentenorientierte Sichtweise sehr gut eine herstellerunabhängige Behandlung und die Berücksichtigung von Serviceaspekten. Daher wurden hier beide Sichtweisen gewählt.

Ohne die außerordentliche Unterstützung Vieler hätte auch die 5. Auflage nicht entstehen können: Besonderer Dank gilt daher den Verfassern der einzelnen Beiträge, die ihr wertvolles Fachwissen zur Verfügung gestellt haben. Für fachliche Diskussionen und Unterstützung danke ich Herrn Dipl.-Ing. M. Blanz, Herrn Dipl.-Ing. F. Gretzmeier, Herrn Dipl.-Ing. C. Hämmerling, Herrn Dipl.-Math. J. Köhnlein, Herrn Dipl.-Phys. B. Münch, Herrn Dr. R. Schmidgall, Herrn Dr.-Ing. K. Schmidt und Frau Prof. Dr.-Ing. S. Steffens. Ferner danke ich dem Springer Vieweg Verlag für die hervorragende Zusammenarbeit und professionelle Realisierung dieses Buchprojektes.

Herzlicher Dank gilt meiner Familie, die wieder sehr viel Geduld und Verständnis gezeigt hat.

Friedrichshafen, im Dezember 2014

Konrad Reif

Mitarbeiterverzeichnis

Dr.-Ing. C. Amsel, Hella KGaA Hueck & Co.
Dipl.-Ing. M. Blanz, Daimler AG
Dipl.-Ing. W. Bohne, BMW AG
Dipl.-Ing. M. Dornblueth, Audi AG
Dipl.-Ing. F. Gesele, Audi AG
Dipl.-Ing. (FH) F. Gretzmeier
Dr.-Ing. W.-D. Gruhle, ZF Friedrichshafen AG
Dipl.-Ing. C. Hämmerling, Daimler AG
Dr.-Ing. W. Kessler, Hella KGaA Hueck & Co.
Dr. rer. nat. M. Kleinkes, Hella KGaA Hueck & Co.
Dipl.-Math. J. Köhnlein, Daimler AG
Dr.-Ing. B. Krasser
Dr. rer. nat. P. Kunath, Harman/Becker Automotive Systems GmbH
Dipl.-Inf. P. Milbredt, Audi AG
Dipl.-Phys. B. Münch, Audi AG
Dr.-Ing. M. Nalbach, Hella KGaA Hueck & Co.
Dr.-Ing. J. Olk, Hella KGaA Hueck & Co.
Dipl.-Ing. (BA) J. Pollmer, Audi AG
Dr. rer. nat. A. Pryakhin, Harman/Becker Automotive Systems GmbH
Prof. Dr.-Ing. M. Rebhan, Hochschule München
Prof. Dr. rer. nat. R. Rettig, HAW Hamburg
Dipl.-Ing. (FH) T. Richter, Audi AG
Dr.-Ing. M. Rosenmayr, Hella KGaA Hueck & Co.
Dipl.-Ing. F. Santos, Daimler AG
Dr. R. Schmidgall, Daimler AG
Dr.-Ing. K. Schmidt, Audi AG
Dr.-Ing. M. Schöllmann, Hella KGaA Hueck & Co.
Dipl.-Ing. A. H. Schulz, Audi AG
Prof. Dr.-Ing. S. Steffens, Hochschule Ravensburg-Weingarten
Dipl.-Ing. S. Stegmaier, Semcon Stuttgart GmbH
Dipl.-Ing. T. Weber, Brose Fahrzeugteile GmbH & Co.
MEng. Dipl.-Ing (FH) L. Weichenberger, Autoliv B.V. & Co. KG
Dipl.-Ing. (BA) M. Wilsdorf, Audi AG

Inhalt

Vorwort	V
Mitarbeiterverzeichnis	VIII
1 Bussysteme	1
1.1 Grundlagen digitaler Bussysteme	2
1.1.1 Grundbegriffe	2
1.1.2 Das ISO/OSI-Referenzmodell	3
1.1.3 Kommunikationsprinzipien	6
1.1.4 Protokollprinzipien	6
1.1.5 Topologien	7
1.1.6 Systembausteine zur Kopplung von Bussystemen	7
1.1.7 Buszugriffsverfahren	8
1.1.8 Prinzipien der Datensicherung und der Fehlerkontrolle	10
1.2 Bussysteme im Fahrzeug	13
1.2.1 Anforderungen an Bussysteme im Fahrzeug	13
1.2.2 CAN	14
1.2.3 LIN	20
1.2.4 Flexray	23
1.2.5 MOST	32
1.2.6 Kommunikationsarchitekturen im Fahrzeug	34
2 Echtzeitbetriebssysteme	35
2.1 Allgemeines zu Echtzeitbetriebssystemen	35
2.1.1 Grundlegende Begriffe	35
2.1.2 Echtzeitbegriffe	36
2.1.3 Prozess und Prozesszustände	40
2.1.4 Kontextwechsel	40
2.1.5 Scheduling	41
2.1.6 Vertreter von Echtzeitbetriebssystemen	42
2.2 OSEK/VDX	43
2.2.1 Historie	43
2.2.2 Grundlegende Eigenschaften von OSEK-Betriebssystemen	43
2.2.3 Betriebsmittel	45
2.2.4 Skalierbarkeit	48
2.2.5 Prioritätssteuerung	49
2.2.6 Konfiguration	50
2.2.7 Hochlauf	52
2.2.8 Kommunikation	53
2.2.9 Netzwerk-Management	53
2.2.10 OSEK/VDX-Erweiterungen	53
2.3 AUTOSAR	54
2.3.1 Entwicklungshistorie und Roadmap	55

2.3.2	Softwarekomponenten	55
2.3.3	Kommunikationsarten	56
2.3.4	Basissoftware	58
2.3.5	Virtueller Funktionsbus	60
2.3.6	Laufzeitumgebung	61
2.3.7	AUTOSAR-OS	62
2.3.8	Ausblick	63
3	Funktions- und Softwareentwicklung	61
3.1	Charakteristika eingebetteter Systeme im Fahrzeug	62
3.1.1	Grundbegriffe der Systemtheorie	62
3.1.2	Strukturierung, Modellierung und Beschreibung	62
3.1.3	Steuergeräte und Mikrocontroller	65
3.1.4	Zuverlässigkeit, Sicherheit und Überwachung	67
3.2	Vorgehensmodelle, Normen und Standards	67
3.2.1	Normen und Vorgehensmodelle	68
3.2.2	Übergreifende technische Standards	71
3.3	Funktions- und Softwareentwicklung nach dem V-Modell	72
3.3.1	Konkretisierung des V-Modells	72
3.3.2	Anforderungsmanagementprozesse	74
3.3.3	Architekturfestlegung	76
3.3.4	Komponentenfestlegung	79
3.3.5	Integration	81
3.3.6	Applikation	82
3.3.7	Abnahme	83
3.4	Methoden in der Funktions- und Softwareentwicklung	84
3.4.1	Anforderungsmanagement	84
3.4.2	Testmethoden	90
4	Sensorik	95
4.1	Sensoren und ihre Eigenschaften	95
4.1.1	Grundbegriffe	95
4.1.2	Intensive und extensive Messgrößen	96
4.1.3	Statische und dynamische Eigenschaften von Sensoren	96
4.2	Anforderungen an Sensoren	99
4.3	Partitionierung von Sensoren	100
4.4	Sensorschnittstellen	101
4.4.1	Spannungsschnittstelle für induktive Sensoren	101
4.4.2	Analoge, ratiometrische Schnittstelle	101
4.4.3	Zweidrahtschnittstelle	103
4.4.4	Dreidrahtschnittstelle	104
4.4.5	Sensoranbindung über Bussysteme	105
4.5	Potentiometrische Winkelsensoren	106
4.6	Magnetische Sensoren zur Drehzahl- und Winkelbestimmung	107
4.6.1	Grundlagen des Magnetismus	107
4.6.2	Partitionierung magnetischer Sensoren	112
4.6.3	Induktive Drehzahlsensoren	113

4.6.4	Differentielle Hall-Sensoren zur Drehzahlmessung	114
4.6.5	AMR-Sensoren als Drehzahlsensoren	116
4.6.6	Hall-Sensoren als inkrementelle Positionssensoren	116
4.6.7	Hall-Sensoren als lineare Winkelsensoren	118
4.6.8	AMR-Sensoren als Winkelsensoren	119
4.7	Drucksensoren	120
4.8	Beschleunigungssensoren	122
4.9	Drehratensensoren	125
4.9.1	Messprinzip von Drehratensensoren	125
4.9.2	Aufbau und Funktionsweise von Drehratensensoren	127
4.10	Fertigung von mikromechanischen Sensoren	129
4.11	Regensensor	131
5	Steuerung und Regelung von Otto- und Dieselmotoren	133
5.1	Einleitung	133
5.2	Arbeitsweise von Verbrennungsmotoren	133
5.2.1	Motoren mit Direkteinspritzung	134
5.2.2	Motoren mit Saugrohreinspritzung	135
5.3	Aufbau und Aufgaben von Motorsteuerungssystemen	135
5.3.1	Anforderungen an Motorsteuergeräte	135
5.3.2	Aufbau der Steuergeräteelektronik	136
5.3.3	Aufgaben von Motorsteuerungssystemen	137
5.4	Funktionsstruktur von Motorsteuerungen	138
5.4.1	Drehmomentenbasierte Grundstruktur	138
5.4.2	Koordination von Momentenanforderungen	139
5.4.3	Filterung und Korrektur der Momentenanforderung	141
5.4.4	Koordination der Momentenumsetzung	142
5.4.5	Betriebsartenumschaltung	144
5.5	Füllungsfunktionen	144
5.5.1	Füllungssteuerung	144
5.5.2	Füllungserfassung	145
5.5.3	Aufladung	147
5.6	Gemischbildung	150
5.6.1	Ottomotor mit Direkteinspritzung	150
5.6.2	Ottomotor mit Saugrohreinspritzung	152
5.6.3	Zündungsfunktionen	153
5.6.4	Klopfregelung	157
5.6.5	Dieselmotor mit Direkteinspritzung	159
5.6.6	Einspritzsysteme	162
5.7	Weitere wichtige Motorsteuerungsfunktionen	167
5.7.1	Leerlaufregelung	167
5.7.2	Laufrohrregelung	167
5.7.3	Nullmengenkalibrierung und Verbrennungserkennung beim Dieselmotor ..	168
5.7.4	Thermische Starthilfe beim Dieselmotor	169
5.8	Abgasfunktionen	170
5.8.1	Abgasgesetzgebung	170
5.8.2	Abgasnachbehandlung beim Ottomotor	171
5.8.3	Abgasnachbehandlung beim Dieselmotor	174

5.9	Diagnose	180
5.9.1	Gesetzliche On-Board-Diagnose	180
5.9.2	Diagnosefunktionen	182
6	Getriebesteuerung	183
6.1	Schaltpunktsteuerung	183
6.2	Geregelte Lastschaltung	185
6.2.1	Systemerklärung	185
6.2.2	Adaptive Drucksteuerung mit Kriterium „Schleifzeit“	188
6.2.3	Adaptive Drucksteuerung mit Kriterium „Reglereingriff“	190
6.3	Geregelte Wandlerkupplung	192
6.3.1	Systemerklärung	193
6.3.2	Regelung	194
6.3.3	Generierung und Anpassung des Sollwertes	194
6.3.4	Adaption	196
7	Elektrische Energieversorgung	201
7.1	Topologie der Ein- und Mehrspannungsbordnetze	201
7.1.1	12-V-Einspannungsbordnetz mit einer Batterie	201
7.1.2	Einspannungsbordnetz mit zwei Batterien	202
7.1.3	42-V-Einspannungsbordnetz	203
7.1.4	Mehrspannungsbordnetz im Schutz-Kleinspannungsbereich	203
7.1.5	Mehrspannungsbordnetz im Klein- und Niederspannungsbereich	205
7.1.6	Leitungssatz	205
7.2	Batterien und ergänzende Energiespeicher	206
7.2.1	Einführung	206
7.2.2	Batterien als Energiespeicher	207
7.2.3	Kondensatoren als ergänzende Energiespeicher	210
7.3	Fahrzeuggeneratoren	211
7.3.1	Einleitung	211
7.3.2	Klauenpolgenerator	211
7.3.3	Startergenerator	219
7.4	Elektrisches Energiemanagement	225
7.4.1	Fahrzustände und Leistungsbilanz	225
7.4.2	Regelung der Energieversorgung	227
7.4.3	Batteriesensorik	229
7.4.4	Batteriezustandserkennung	231
7.4.5	Bordnetzkomponenten des Energiemanagements	232
7.4.6	Last- und Generatormanagement	235
8	Komfortelektronik	239
8.1	Überblick	239
8.2	Allgemeine Anforderungen	239
8.2.1	Elektrische Anforderungen	239
8.2.2	Mechanische Anforderungen	240
8.2.3	Umweltanforderungen	241
8.3	Anforderungen an die Software	241

8.4	Vernetzung der Steuergeräte	242
8.5	Fensterheberelektronik	243
8.6	Türsteuergeräte	245
8.7	Sitzsteuergeräte	247
8.8	Klimasteuergeräte	249
9	Sicherheitsaspekte und funktionale Sicherheit	251
9.1	Definitionen von Begriffen	251
9.2	Gesetze, Normen und Entwicklungsprozess	253
9.2.1	Normen und Standards	254
9.2.2	Entwicklungsprozess	257
9.3	Analyse der Systemzuverlässigkeit und Systemsicherheit	258
9.3.1	Fehlerarten	258
9.3.2	Annahmen	258
9.3.3	Zuverlässigkeitsfunktion und Ausfallwahrscheinlichkeit	259
9.3.4	Ausfallrate	259
9.3.5	Safe Failure Fraction	261
9.3.6	Diagnoseüberdeckung	263
9.3.7	Hardwarefehlertoleranz	263
9.3.8	Typische Beispielgrößen	263
9.3.9	Verfügbarkeitskenngrößen	265
9.3.10	Zuverlässigkeitsfunktionen für Gesamtsysteme	265
9.4	Risikoabschätzung	267
9.4.1	Grundlagen	267
9.4.2	Risikoabschätzung und Safety Integrity Level	267
9.4.3	Zusammenhang zwischen verschiedenen Kenngrößen	268
9.4.4	Weitere Methoden der Risikoabschätzung	270
9.5	Methoden der Fehlererkennung	273
9.5.1	Fehlererkennung auf Prozessorebene	273
9.5.2	Fehlererkennung auf Programmausführungsebene	275
9.5.3	Fehlererkennung auf Systemebene	275
9.6	Fehlerbehandlung	275
9.6.1	Sicherheitslogik	275
9.6.2	Einkanalige Systemstrukturen zur Beherrschung von Fehlern	276
9.6.3	Mehrkanalige Systemstrukturen zur Beherrschung von Fehlern	277
9.7	Mögliche Realisierungen	278
9.8	Umwelteinflüsse	279
9.8.1	Fehlerursachen elektrischer Ausfälle	279
9.8.2	Umweltbelastungen als Fehlerursache	280
10	Passive Sicherheit	283
10.1	Grundlagen der Crashdynamik für die passive Sicherheit	284
10.2	Sicherheitselektronik und Rückhaltesysteme	285
10.3	Sicherheitskonzept und Algorithmus	290
10.4	Sitzbelegungserkennung und Insassenklassifizierung	293
10.5	Überrollschutz	296
10.6	Fußgängerschutz	298

11 Fahrwerksregelsysteme und aktive Sicherheit	301
11.1 Grundlagen	301
11.1.1 Grundlagen der Fahrdynamik	301
11.1.2 Grundlagen der Bremshydraulik	305
11.2 Brems- und Antriebsmomentenregelung	307
11.2.1 Anti-Blockier-System	307
11.2.2 Antriebs-Schlupf-Regelung und Motor-Schleppmoment-Regelung	310
11.2.3 Bremsassistent	312
11.3 Fahrdynamik-Regelung	314
12 Fahrerassistenzsysteme	321
12.1 Einleitung	321
12.1.1 Fahrerassistenz- und Fahrdynamikregelsysteme	321
12.1.2 Motivation	322
12.1.3 Rechtliche Randbedingungen	323
12.2 Umgebungserfassung	324
12.2.1 Relevante Größen	325
12.2.2 Ultraschallsensoren	325
12.2.3 Radar	330
12.2.4 Lidar	334
12.2.5 Kamera	337
12.3 Vernetzte Umgebungserfassung	341
12.3.1 Abdeckungsbereiche	341
12.3.2 Sensorfusion und Sensordatenfusion	341
12.3.3 Mathematische Methoden der Datenfusion	342
12.4 Parken und Rangieren	344
12.4.1 Passive Systeme	345
12.4.2 Anzeigende Systeme	345
12.4.3 Abstandsinformationssysteme	352
12.4.4 Parkhilfen	354
12.5 Abstand und Geschwindigkeit	355
12.5.1 Geschwindigkeitsregelsystem	355
12.5.2 Limiter	356
12.5.3 Adaptive Cruise Control	356
12.5.4 Kollisionsvermeidende Systeme	360
12.6 Abkommen von der Fahrbahn und Spurwechsel	363
12.6.1 Spurverlassenswarnung	363
12.6.2 Spurhaltesysteme	365
12.6.3 Spurwechselassistent	365
12.7 Sichtverbesserung	366
12.7.1 Nachtsichtassistenten	366
12.7.2 Lichtassistenten	369
12.8 Nutzfahrzeuge	371