

HOCHAUTOMATISIERTES FAHREN AUF AUTOBAHNEN – INDUSTRIEPOLITISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN



HOCHAUTOMATISIERTES FAHREN AUF AUTOBAHNEN – INDUSTRIEPOLITISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Dienstleistungsprojekt 15/14

Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Autoren:

Cacilo, Andrej (Fraunhofer IAO); Schmidt, Sarah (Fraunhofer IAO); Wittlinger, Philipp (Fraunhofer IAO);
Herrmann, Florian (Fraunhofer IAO); Bauer, Wilhelm (Fraunhofer IAO)
Sawade, Oliver (Fraunhofer FOKUS)
Doderer, Hannes (IKEM); Hartwig, Matthias (IKEM)
Scholz, Volker (mm1)

Wir bedanken uns für die Unterstützung bei:

Dr. Jennifer Dungs, Dr. Manfred Dangelmaier, Dr. Ilja Radusch, Daniel Borrmann, Daniel Duwe, Michael Haag,
Bianca Kiefer, Bastian Nötzel, Felix Rombach, Simon Ruckgaber, Carolina Sachs, Sebastian Stegmüller, Jochen
Verhasselt, Pengcheng Zheng

18.11.2015

IN ZUSAMMENARBEIT MIT

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Fragestellungen und Zielsetzung	1
1.2	Definition verschiedener Automatisierungsgrade.....	4
2	Projektstruktur und Methodik	10
2.1	Struktur der Studie.....	10
2.2	Allgemeine Methodik der Studie.....	12
2.3	Methodische Erläuterungen der Marktanalyse und Wertschöpfungsbewertung.....	12
3	Marktanalyse und Wertschöpfungsbewertung: Ausgangssituation	19
3.1	Beschreibung und Produktstrukturierung der betrachteten Systeme.....	19
3.1.1	Einleitung: Der Übergang von ADAS zu HAF	19
3.1.2	ADAS-Systembeschreibung und Produktstrukturierung	20
3.1.3	HAF-Systembeschreibung und Produktstrukturierung.....	31
3.2	Analyse des heutigen Marktes für Fahrzeugautomatisierung und Fahrerassistenz.....	35
3.2.1	Einleitung.....	35
3.2.2	ADAS-Marktvolumina heute	36
3.2.3	Ermittlung der Leitmarkt-Quotienten.....	38
3.3	Berechnung der deutschen Wertschöpfungsanteile im Bereich Fahrzeugautomatisierung und Fahrerassistenz	38
3.3.1	Definition der Wertschöpfungsmodule.....	38
3.3.2	Bestimmung des Produktions- und Entwicklungsanteils der Wertschöpfungsmodule.....	39
3.3.3	Zuordnung der Akteursgruppen zu den Wertschöpfungsmodulen	40
3.3.4	Marktanteile der Hersteller und Zulieferer an den betrachteten Systemen	40
3.3.5	Bestimmung der Wertanteile der Wertschöpfungsmodule am Gesamtsystem	42
3.3.6	Standortanteile	42
3.3.7	Leistungstiefen und Importanteile	43
3.3.8	Ergebnis: Wertschöpfung und Beschäftigung im Bereich ADAS 2014.....	45
4	Analyse der technischen Voraussetzungen und Entwicklungen für hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen	47
4.1	Einleitung: Beschreibung der für hochautomatisiertes Fahren benötigten Komponenten.....	47
4.2	Sensorik im Fahrzeug	48
4.2.1	Sensorische Fahrdynamikerfassung	49
4.2.2	Sensorische Umfelderkennung.....	49
4.2.3	Multisensorische Systeme und Sensordatenfusion	58
4.2.4	Technische Reife und Handlungsbedarf.....	58
4.3	Aktorik.....	61
4.3.1	Elektronische Beschleunigungsregelung	62
4.3.2	Bremssysteme für hochautomatisiertes Fahren	62
4.3.3	Getriebe für hochautomatisiertes Fahren	63
4.3.4	Lenkstellensysteme für hochautomatisiertes Fahren	64
4.3.5	Technische Reife und Handlungsbedarf.....	65
4.4	Unfalldatenspeicher	65
4.4.1	Aktuelle Systeme zur Datenspeicherung.....	66
4.4.2	Kriterien für die Auslegung eines Datenspeichers	67
4.4.3	Technische Reife und Handlungsbedarf.....	67
4.5	Software und zentrale Steuergeräte im Fahrzeug	68
4.5.1	Funktionen von Software im Fahrzeug	69

4.5.2	Situationsanalyse und Fahrmanöverplanung.....	69
4.5.3	Evolution von Softwarearchitektur und Steuergeräteverteilung	70
4.5.4	Softwaretest und Validierung.....	71
4.5.5	Technische Reife und Handlungsbedarf.....	72
4.6	Mensch-Maschine-Schnittstelle	73
4.6.1	Fahraufgabenübergabe und Fahrerzustandserkennung.....	73
4.6.2	Infotainment-Konzepte im Kontext der erlaubten Nebentätigkeiten	79
4.6.3	Technische Reife und Handlungsbedarf.....	81
4.7	Ortungstechnik und digitale Karten.....	82
4.7.1	Grundlagen der Fahrzeug-Ortungstechnik.....	83
4.7.2	Bedeutung der kartenbasierten Lokalisierung.....	84
4.7.3	Kartenaktualität und Updatemöglichkeiten	87
4.7.4	Technische Reife und Handlungsbedarf.....	88
4.8	Car2X Kommunikation.....	89
4.8.1	Fahrzeugseitige Kommunikationshardware	89
4.8.2	Car2Backend	90
4.8.3	Car2Infrastructure.....	93
4.8.4	Car2Car	94
4.8.5	Übertragungsstandards.....	95
4.8.6	Technische Reife und Handlungsbedarf.....	100
4.9	IT-Sicherheit des hochautomatisierten Fahrens	101
4.10	Fazit: Bewertung der technischen Reife des HAF und Roadmap zur Markteinführung.....	104
5	Analyse des rechtlichen Rahmens für hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen.....	108
5.1	Straßenverkehrsrecht und Zulassungsrecht.....	108
5.1.1	Nationale Straßenverkehrsregeln	109
5.1.2	Nationales Zulassungsrecht	111
5.1.3	Völkerrechtliche Verträge und die ECE-Regelungen.....	112
5.1.4	Rechtliche Handlungsmöglichkeiten bzgl. der internationalen Verträge, der Verkehrsregeln und des Zulassungsrechts.....	124
5.2	Haftungsrecht	140
5.2.1	Haftungsrechtlicher Rahmen bei Unfällen im Zusammenhang mit Kfz.....	140
5.2.2	Anpassungsbedarf, der über die Gesetzesdogmatik hinausgeht	142
5.2.3	Zwischenergebnis Haftungsrecht.....	148
5.3	Straf- und Ordnungswidrigkeitenrecht	148
5.3.1	Strafrechtlicher Handlungsbegriff.....	148
5.3.2	Schutzpflicht des Staates.....	152
5.4	Datenschutzrecht	154
5.4.1	Einführung.....	154
5.4.2	Unfalldatenspeicher	156
5.4.3	Zeitstempelabgleich	159
5.5	Fazit.....	160
6	Vergleich der rechtlichen Rahmenbedingungen und politischen Aktivitäten in ausgewählten Ländern.....	164
6.1	USA	164
6.2	Großbritannien (UK).....	170
6.3	Frankreich	172
6.4	Japan	174
6.5	Singapur	178
6.6	China	179
6.7	Politische Maßnahmen in Deutschland und Vergleichsfazit.....	180
6.7.1	Fazit des rechtlichen Vergleichs mit den Referenzstaaten im Hinblick auf die Fahrzeugautomatisierung.....	183

6.7.2	Fazit des Vergleichs politischer Maßnahmen im Hinblick auf die Fahrzeugautomatisierung.....	184
7	Analyse der künftigen Markt- und Wertschöpfungsentwicklung.....	187
7.1	Markt und Wertschöpfungsentwicklung im Bereich ADAS bis 2020.....	187
7.1.1	Absatz der betrachteten ADAS 2020.....	187
7.1.2	Preise der betrachteten ADAS 2020.....	188
7.1.3	Marktvolumen ADAS 2020.....	188
7.1.4	Definition der Wertschöpfungsmodule.....	189
7.1.5	Bestimmung des Produktions- und Entwicklungsanteils der Wertschöpfungsmodule.....	190
7.1.6	Zuordnung der Akteursgruppen zu den Wertschöpfungsmodulen.....	190
7.1.7	Bestimmung der Wertanteile der Wertschöpfungsmodule am Gesamtsystem.....	191
7.1.8	Marktanteile Hersteller/Zulieferer.....	192
7.1.9	Standortanteile der deutschen Akteure je Wertschöpfungsmodul.....	192
7.1.10	Leistungstiefe und Importanteile je Wertschöpfungsmodul.....	193
7.1.11	Output: Wertschöpfung ADAS im Jahr 2020.....	194
7.1.12	Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem unter Berücksichtigung des Produktivitätszuwachses.....	195
7.1.13	Output: Beschäftigung durch ADAS im Jahr 2020.....	195
7.2	Markt und Wertschöpfungsentwicklung im Bereich HAF bis 2020.....	196
7.2.1	Absatz von HAF-Systemen im Jahr 2020.....	196
7.2.2	Preise von HAF-Systemen im Jahr 2020.....	200
7.2.3	Marktvolumen mit HAF im Jahr 2020.....	200
7.2.4	Definition der Wertschöpfungsmodule.....	200
7.2.5	Bestimmung des Produktions- und Entwicklungsanteils der Wertschöpfungsmodule.....	201
7.2.6	Zuordnung der Akteursgruppen zu den Wertschöpfungsmodulen.....	201
7.2.7	Bestimmung der Wertanteile der Wertschöpfungsmodule am Gesamtsystem.....	202
7.2.8	Marktanteile Hersteller/Zulieferer.....	204
7.2.9	Standortanteile der deutschen Akteure je Wertschöpfungsmodul.....	206
7.2.10	Leistungstiefe und Importanteile je Wertschöpfungsmodul.....	207
7.2.11	Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem unter Berücksichtigung des Produktivitätszuwachses.....	207
7.2.12	Ausblick zu Wertschöpfung und Beschäftigung bis 2025.....	207
7.3	Leitmarkt-/Leitanbieter-Index für hochautomatisiertes Fahren.....	208
7.3.1	Indikatoren für die Erfassung des Leitanbieterpotenzials.....	210
7.3.2	Indikatoren für die Erfassung des Leitmarktpotenzials.....	221
7.3.3	Fazit.....	234
7.4	Neue Geschäftspotenziale durch Nebentätigkeiten im hochautomatisierten Fahrzeug.....	236
7.5	Disruptive Innovationen als Alternativszenario zu HAF auf Autobahnen.....	239
7.5.1	Einleitung: Disruptive Innovationen.....	239
7.5.2	Anwendung des Konzepts auf automatisiertes Fahren.....	240
7.5.3	Aktuelle Aktivitäten des evolutionären und des disruptiven Ansatzes.....	242
7.5.4	Fazit: Autonome Fahrzeuge als disruptive Innovation.....	243
7.6	Exkurs: Darstellung der Aktivitäten des IT-Konzerns Google im Bereich automatisiertes Fahren.....	244
7.6.1	Die künftige Marktrolle von Google.....	245
7.6.2	Technische Gestaltung des Google-Systems.....	247
7.6.3	Fazit: Google als Disruptor der Automobilindustrie?.....	249
7.7	Exkurs: Nokia Here – Industriepolitische Implikationen der Akquisition.....	251
7.8	Zusammenfassung und zentrale Schlussfolgerungen der Markt- und Wertschöpfungsanalyse.....	253
7.8.1	Industriepolitische Relevanz des (hoch-)automatisierten Fahrens.....	253

7.8.2	Ausgangssituation – Stärken und Schwächen der Automobilindustrie am Standort Deutschland hinsichtlich der Etablierung als Leitanbieter	258
7.8.3	Ausgangssituation – Stärken und Schwächen der deutschen Automobilindustrie hinsichtlich der Etablierung eines Leitmarktes	261

8 Quantifizierung der volkswirtschaftlichen Nutzeneffekte des hochautomatisierten Fahrens 264

8.1	Einleitung.....	264
8.2	Treibhausgas- und Luftschadstoffkosten	265
8.3	Unfallkosten.....	268
8.4	Staukosten.....	270
8.5	Fazit.....	272

9 Industriepolitische Handlungsempfehlungen 274

10 Zentrale Ergebnisse und Implikationen des Gutachtens 280

Literaturverzeichnis..... 283

Anhang

Übersicht zu HAF-relevanten Forschungsprojekten 319

Derzeitige Rechtslage des Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr..... 332

Haftungsrechtliche Grundlagen bei Verkehrsunfällen im Zusammenhang mit hochautomatisierten Fahrzeugen 338

Rechtliche Grundlagen des Datenschutzes 350

Interviews 356

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Definition verschiedener Automatisierungsgrade von Kraftfahrzeugen der BAST	5
Abbildung 2: Definition verschiedener Automatisierungsgrade von Kraftfahrzeugen der SAE.....	5
Abbildung 3: Struktur des Gutachtens.....	11
Abbildung 4: Strukturierung der Wertschöpfungslandschaft.....	18
Abbildung 5: Generische Konfiguration eines ACC-Systems	21
Abbildung 6: Generische Konfiguration eines Kollisionsschutzsystems.....	23
Abbildung 7: Generische Konfiguration eines Spurhalteassistenten	25
Abbildung 8: Generische Konfiguration eines Spurwechselassistenten mit Totwinkelassistent.....	27
Abbildung 9: Generische Konfiguration eines Verkehrszeichenerkennungssystems.....	29
Abbildung 10: Generisches Fahrerzustandserkennungs-Modell.....	30
Abbildung 11: Generisches HAF-Referenzsystem	33
Abbildung 12: Absatz von ADAS im Jahr 2014 nach Regionen	36
Abbildung 13: Preis von ADAS im Jahr 2014	37
Abbildung 14: Marktvolumen von ADAS im Jahr 2014 nach Regionen	37
Abbildung 15: Umsatz mit ADAS pro Fahrzeug im Jahr 2014 nach Regionen	38
Abbildung 16: Produktions- und Entwicklungsanteile der ADAS-Wertschöpfung 2014.....	39
Abbildung 17: Anteile von Herstellern und Zulieferern an den Wertschöpfungsmodulen von ADAS 2014	40

Abbildung 18: Anteil deutscher Hersteller am ADAS-Markt im Jahr 2014 nach Regionen ...	41
Abbildung 19: Anteil deutscher Zulieferer am ADAS-Markt im Jahr 2014 nach Regionen ...	41
Abbildung 20: Wertanteile im ADAS-Markt 2014	42
Abbildung 21: Anteile der Produktion und Entwicklung für ADAS am Standort Deutschland	43
Abbildung 22: Eigenleistung und Vorleistungen der relevanten Wirtschaftszweige	44
Abbildung 23: Leistungstiefe der ADAS-Wertschöpfungsmodule 2014	45
Abbildung 24: Aufteilung der ADAS-Wertschöpfung am Standort Deutschland im Jahr 2014 auf Wertschöpfungsmodule	46
Abbildung 25: Vor- und Nachteile von Radarsensorik	50
Abbildung 26: Vor- und Nachteile von Lidarsensorik	54
Abbildung 27: Vor- und Nachteile von Ultraschallsensorik	55
Abbildung 28: Vor- und Nachteile von Kamerasensorik	57
Abbildung 29: Zentrale Kenngrößen der betrachteten Sensortechnologien	59
Abbildung 30: Wirkbereiche der Umfeldsensorik	60
Abbildung 31: Layout der elektromechanischen Bremse	63
Abbildung 32: Kompetenzverschiebung durch Fahrerassistenzsysteme	74
Abbildung 33: Kartographierungsfahrzeug für hochpräzise Karten	86
Abbildung 34: 3-D-Kartenausschnitt	87
Abbildung 35: Auswirkung von Backendinformationen auf das Bremsverhalten	91
Abbildung 36: Bewertung der technischen Reife des HAF	104
Abbildung 37: Roadmap Automatisiertes Fahren	107
Abbildung 38: Verweisungskette Zulassungsrecht	112
Abbildung 39: Szenario einer hochautomatisierten Autobahnfahrt aus haftungsrechtlicher Sicht	147
Abbildung 40: Szenario einer hochautomatisierten Autobahnfahrt aus strafrechtlicher Sicht	152
Abbildung 41: Forschungsroadmap des amerikanischen Verkehrsministeriums	169
Abbildung 42: Zeitplan für die Entwicklung hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge des Britischen Verkehrsministeriums	171
Abbildung 43: Forschungsthemen des SIP Förderprogramms der japanischen Regierung	176
Abbildung 44: Targeted Time of Commercialization of Self-Driving Cars in Japan	177
Abbildung 45: Überblick über EU-Forschungsprogramme zum automatisierten Fahren	181
Abbildung 46: Absatz von ADAS im Jahr 2020 nach Regionen	187
Abbildung 47: Preisentwicklung von ADAS zwischen 2014 und 2020	188
Abbildung 48: Marktvolumen mit ADAS im Jahr 2020 nach Regionen	189
Abbildung 49: Umsatz mit ADAS (Euro) pro Fahrzeug im Jahr 2020 nach Regionen	189
Abbildung 50: Produktions- und Entwicklungsanteile der ADAS-Wertschöpfung 2020	190
Abbildung 51: Anteile von Herstellern und Zulieferern an den Wertschöpfungsmodulen von ADAS 2020	191
Abbildung 52: Wertanteile im ADAS-Markt 2020	192
Abbildung 53: Inlandsanteile am Marktanteil deutscher Akteure bei ADAS 2020	193
Abbildung 54: Leistungstiefe der ADAS-Wertschöpfungsmodule 2020	194
Abbildung 55: Wertschöpfung durch ADAS (Euro) am Standort Deutschland im Jahr 2020	195
Abbildung 56: Weltweiter Absatz von Fahrzeugen mit HAF-Funktion bis 2025	196
Abbildung 57: Vergleich der wesentlichen Absatzmärkte im Automobilssektor 2014- 2020	197
Abbildung 58: Stückzahl und Marktanteil von Premiumfahrzeugen 2014 nach Regionen	198
Abbildung 59: Stückzahl und Marktanteil von Oberklasse-Fahrzeugen 2014 nach Regionen	199
Abbildung 60: Preise für HAF-Systeme in der Einführungsphase	200
Abbildung 61: Anteile der Wertschöpfungsmodule im Bereich HAF 2020	202
Abbildung 62: Anteil deutscher Hersteller am Weltmarkt für HAF im Jahr 2020	204
Abbildung 63: Pkw-Absatz deutscher Hersteller 2014	205

Abbildung 64: Absatz deutscher Hersteller und deutscher Inlandsproduktion im Jahr 2014 nach Regionen	206
Abbildung 65: Beschäftigungszuwachs durch ADAS und HAF bis 2025	208
Abbildung 66: Wertschöpfungszuwachs durch ADAS und HAF bis 2025	208
Abbildung 67: Standortindikatoren für die Etablierung einer Leitanbieterschaft	209
Abbildung 68: Standortindikatoren für die Etablierung eines Leitmarktes	210
Abbildung 69: Gewichtung der Einflussfaktoren für die Etablierung der Leitanbieterschaft.....	211
Abbildung 70: Zusammenfassung Politischer Rahmen Leitanbieter	214
Abbildung 71: Wissenschaftliche Veröffentlichungen im Bereich Fahrzeug-Automatisierung und Vernetzung im Ländervergleich	215
Abbildung 72: Wissenschaftliche Veröffentlichungen zum Bereich Fahrzeug-Automatisierung und Vernetzung nach Zitationsanzahl.....	215
Abbildung 73: Patenuntersuchung zum hochautomatisierten Fahrzeug.....	216
Abbildung 74: Patentuntersuchung Automobilindustrie	216
Abbildung 75: Zusammenfassung Forschung & Entwicklung	217
Abbildung 76: Zusammenfassung Kompetenzen	218
Abbildung 77: Venture Capital Investitionen im Zeitverlauf.....	221
Abbildung 78: Zusammenfassung Verfügbarkeit von Kapital	221
Abbildung 79: Gewichtung der Einflussfaktoren für die Etablierung eines Leitmarktes.....	222
Abbildung 80: Beachtung aktiver Sicherheitssysteme innerhalb der nationalen NCAPs.....	223
Abbildung 81: Zusammenfassende Bewertung des politischen Rahmens Leitmarkt.....	224
Abbildung 82: Zusammenfassung rechtlicher Rahmen Leitmarkt	226
Abbildung 83: Zahlungsbereitschaft im Nationenvergleich.....	227
Abbildung 84: Zusammenfassung HAF-Use cases	229
Abbildung 85: Durchschnittliche Niederschlagsmenge in ausgewählten Ballungsräumen....	231
Abbildung 86: Zusammenfassung Auftreten von Systemgrenzen.....	231
Abbildung 87: Netzabdeckung im Mobilfunk (3G/4G) in ausgewählten Ländern	232
Abbildung 88: Verfügbarkeit LTE-Netz.....	233
Abbildung 89: Übersicht Infrastrukturgegebenheiten im Nationenvergleich.....	233
Abbildung 90: Gesamtbetrachtung der Wettbewerbsfähigkeit	236
Abbildung 91: Jährliches Umsatzpotenzial durch Nebentätigkeiten bei HAF pro Fahrzeug.....	238
Abbildung 92: Jährliches Umsatzpotenzial durch Nebentätigkeiten bei HAF bei 100.000 Fahrzeugen	238
Abbildung 93: Jährliches Umsatzpotenzial durch Nebentätigkeiten bei HAF im Maximalszenario	238
Abbildung 94: Autonome Fahrzeuge als potenziell disruptive Innovation.....	241

Abkürzungsverzeichnis

A*STAR	Agency for Science, Technology and Research
a.E.	am Ende
ABS	Antiblockiersystem
Abs.	Absatz
ACC	Adaptive Cruise Control
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AKTIV	Adaptive und Kooperative Technologien für den Intelligenten Verkehr
API	Application Programming Interface
APN	Access Point Name
Art.	Artikel
Artt.	Artikel-Plural
ASR	Antriebsschlupfregelung
AUTOSAR	Automotive Open System Architecture
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BBC	British Broadcasting Corporation
BDSG	Bundesdatenschutzgesetz
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BGH	Bundesgerichtshof
BGHSt	Entscheidungen des Bundesgerichtshofes in Strafsachen
BGHZ	Entscheidungen des Bundesgerichtshofs in Zivilsachen
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BSD	Blind Spot Detection
bspw.	beispielsweise
BTDrucks	Bundestagsdrucksache
BVerfGE/ BvR	Bundesverfassungsgericht
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
C2C/ V2V	Car-to-Car Communication
C2I	Car-to-Infrastructure Communication
ca.	circa
CACC	Cooperative Adaptive Cruise Control
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CARTS	Committee on Autonomous Road Transport for Singapore
CBC	Cornering Brake Control
Cebr	Centre for Economics and Business Research
CMOS	Complementary metal-oxide-semiconductor
CN	China

CO ₂	Kohlendioxid
CONVERGE	Communication Network Vehicle Road Global Extension
CRM	Customer Relationship Management
DE	Deutschland
DM	Driver Monitoring
DNS	Domain Name Server
DOT	Department of Transportation
DSRC	Dedicated Short Range Communication
DTV	Durchschnittliche Tägliche Verkehr
ECE	Economic Commission for Europe
ECU	Electronic Control Unit
EG	Europäische Gemeinschaft
EHB	Elektrohydraulische Bremse
EMB	Elektromechanische Bremse
EPoSS	The European Technology Platform on Smart Systems Integration
EPS	Electronic Power Steering
ERTRAC	European Road Transport Research Advisory Council
ESC	Electronic Stability Control
ESP	Electronic Stability Program
et al.	et altera
ETC	Electronic Toll Collection
ETC	Electronic Toll Collect
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
EVSC	Electronic Vehicle Stability Control
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
F&E	Forschung und Entwicklung
FAS	Fahrerassistenzsystem
FCD	Floating Car Data
FCW	Forward Collision Warning
FeV	Fahrerlaubnis-Verordnung
ff.	und folgende
FMVSS	Federal Motor Vehicle Safety Standards
FTÜ	Fahrzeugteileübereinkommen
Fzg.	Fahrzeug
FZV	Fahrzeugzulassungsverordnung
GDP	Gross Domestic Product
gem.	gemäß
GERD	Gross Domestic Expenditure on Research and Development
GG	Grundgesetz
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GIDAS	German In-Depth Accident Study
GLONASS	Globales Satellitennavigationssystem
GM	General Motors

GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GTP	GPRS Tunneling Protocol
GTR	Global Technical Regulation
HAF	Hochautomatisiertes Fahren
HIL	Hardware in the loop
HMI	Human Machine Interface
Hrsg.	Herausgeber
HUD	Head-Up-Display
HW	Hardware
i. V. m.	in Verbindung mit
i.H.v.	in Höhe von
i.S.d.	im Sinne der/des
ICS	ITS-Central Station
ICT	Information and Communication Technology Equipment
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IRS	ITS-Roadside Stations
IRTAD	International Road Traffic and Accident Database
ISO	International Organization for Standardization
IST	Intelligent Transport System
IT	Informationstechnik
ITS JPO	Intelligent Transportation System Joint Program Office
JP/ JAP	Japan
JProdHaftG	japanisches Produkthaftungsgesetz
JZivG	Japanisches Zivilgesetz
Kap.	Kapitel
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
KMU	Kleine und Mittlere Unternehmen
KNA	Kosten-Nutzen-Analyse
Ko-FAS	Kooperative Sensorik und kooperative Perzeption für die präventive Sicherheit im Straßenverkehr
Ko-PER	Kooperative Perzeption
LCB	Nevada Legislative Counsel Bureau
LDW	Lane Departure Warning
LED	Light-emitting Diode
Lidar	Light Detection and Ranging
Lit.	lat. Littera
LKA	Lane Keeping Assist
Lkw	Lastkraftwagen
LTA	Land Transport Authority of Singapore
LTE	Long Term Evolution
LUTZ	Low-carbon Urban Transport Zone
MB	Mercedes-Benz

MDM	Mobilitätsdatenmarktplatz
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry
MIMO	Multiple Input Multiple Output
Mio.	Million
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism
MMS	Mensch-Maschine-Schnittstelle
MOSARIM	More Safety for All by Radar Interference Mitigation
Mrd.	Milliarde
MSR	Motor-Schleppmomentregelung
NACE	Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne
NAFTA	North American Free Trade Agreement
NCAP	New Car Assessment Programme
NHTS	National Household Travel Survey
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
NJW	Neue Juristische Wochenschrift
NM VOC	Non Methane Volatile Organic Compounds
NM VOC	Non Methane Volatile Organic Compounds
Nox	Stickoxide
NUS	National University of Singapore
NVwZ-RR	Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht-Rechtsprechungs-Report Verwaltungsrecht
OBU	Onboard-Unit
OEM	Original Equipment Manufacturer
OICA	Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OTA	Over-the-air
OWiG	Ordnungswidrigkeitengesetz
p.a.	per annum
PEGASUS	Projekt zur Etablierung von generell akzeptierten Gütekriterien, Werkzeugen und Methoden sowie Szenarien und Situationen zur Freigabe hochautomatisierter Fahrfunktionen
PKI	Public-Key-Infrastructure
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
PM	Particulate Matter
PRS	Public Regulated Service
Radar	Radio Detection and Ranging
RGZ	Entscheidungen des Reichsgerichts in Zivilsachen
RL	Richtlinie
Rn.	Randnummer
RoW	Rest of World
RTAF	Runter Tisch Automatisiertes Fahren
S.	Seite

s.o.	siehe oben
SAE	Society of Automotive Engineers
SARTRE	Safe Road Trains for the Environment
SAVI	Singapore Autonomous Vehicle Initiative
SD	Serial Digital Interface
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIL	Software in the loop
simTD	Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland
SIP	Cross-Ministerial Strategic Innovation Promotion Program
SMS	Short Message Service
SO ₂	Schwefeldioxid
sog.	sogenannt
StGB	Strafgesetzbuch
StPO	Strafprozeßordnung
StVG	Straßenverkehrsgesetz
StVO	Straßenverkehrsordnung
StVZO	Straßenverkehrszulassungsordnung
SUV	Sport Utility Vehicles
SW	Software
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
TCU	Telematics Control Unit
TOF	Time-of-Flight
Tsd.	Tausend
TSR	Traffic Sign Recognition
TÜV	Technischer Überwachungsverein
u. a.	und andere
u.a.	und andere
UDS	Unfalldatenspeicher
UK	United Kingdom
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UN	United Nations
UR:BAN	Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement
USA/ US	the United States of America
USB	Universal Serial Bus
UWB	Ultra-wideband
v.	von
VDA	Verband der Automobilindustrie
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VERONICA	Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment
VersR	Versicherungsrecht
vgl.	vergleiche
VIL	Vehicle in the loop
VVG	Versicherungsvertragsgesetz
VW	Volkswagen

WLAN	Wireless Local Area Network
WP	Working Party
WÜ	Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr
WVK	Wiener Übereinkommen über das Recht der Verträge
z. B.	zum Beispiel
ZPO	Zivilprozessordnung

1 Einleitung

1.1 Fragestellungen und Zielsetzung

Durch die schnell voranschreitende technologische Entwicklung und die steigenden Innovationsraten im Bereich der Fahrerassistenz und Fahrzeugautomatisierung steht das hochautomatisierte Fahren auf Autobahnen wenige Jahre vor der Marktreife.¹ Neben den Automobilherstellern investieren derzeit auch große Zulieferunternehmen und neue Wettbewerber erhebliche Summen in die Fortentwicklung von Assistenz- und Automatisierungsfunktionen. Der VDA schätzt die Investitionen von deutschen Herstellern und Zulieferern für Vernetzung und Automatisierung in den nächsten drei bis vier Jahren auf 16-18 Mrd. Euro (VDA 2015a). Da hochautomatisiertes Fahren weitestgehend auf bestehender bzw. seriennaher Technik basiert, sind sich Industrie und Wissenschaft einig, dass verschiedene hochautomatisierte Fahrfunktionen auf Autobahnen spätestens bis zum Jahr 2020 finale Marktreife erlangt haben werden. Unter anderem haben die Automobilhersteller Daimler, Volvo, BMW, VW, Audi, Nissan, Honda, Hyundai sowie die Zulieferunternehmen Continental und Bosch die Markteinführung hochautomatisierter Fahrzeuge bis 2020 angekündigt.

Belegt wird der hohe technische Reifegrad durch eine Vielzahl von Prototypen und Erprobungsfahrten auf öffentlichen Straßen. Als Beispiele zu nennen sind der Test des Zulieferunternehmens Delphi, bei dem ein hochautomatisiertes Fahrzeug die Strecke von der amerikanischen Westküste bis zur Ostküste absolviert hat², sowie das Projekt „Drive me“ von Volvo, bei dem ab 2017 100 Fahrzeuge auf einem Autobahnring in Göteborg in einem Feldversuch mit Endkunden getestet werden. Für großes mediales Aufsehen sorgte im Jahr 2010 die Bekanntmachung des IT-Konzerns Google, bereits mehrere hunderttausend Kilometer mit automatisierten Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen zurückgelegt zu haben. 2014 demonstrierte Google daraufhin ein autonomes Fahrzeug ohne Pedalerie und Lenkrad für den städtischen Raum, das nun in größerem Maßstab getestet werden soll.³ Auch von deutschen Herstellern werden seit Jahren Testfahrten im öffentlichen Straßenverkehr auf Autobahnen im In- und Ausland durchgeführt. Daimler demonstrierte mit der „Bertha-Benz-Fahrt“, dass hochautomatisiertes Fahren langfristig auch jenseits der Autobahn realisiert werden kann. Neben den Forschungsfahrzeugen zeigt sich der stetig steigende Automatisierungsgrad bereits bei den am Markt verfügbaren Fahrerassistenzsystemen. So beherrschen Stauassistenten in aktuellen deutschen Premiumfahrzeugen bereits die gleichzeitige aktive Längs- und Querführung bis zu einer Geschwindigkeit von max. 60 km/h ohne „Hands-On“ Erkennung.

Auch die Nachfrage nach Automatisierungsfunktionen wurde in der letzten Zeit durch eine Reihe von Nutzerstudien bestätigt. Befragungen von Bitkom, Continental oder McKinsey zeigen allesamt ein hohes nutzerseitiges Interesse an automatisierten

¹ Bereits im EU-Projekt Prometheus (Programme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety, 1986-1994) wurden viele der heute den Markt durchdringenden aktiven Fahrerassistenzsysteme weiterentwickelt und erprobt. Die gehegten Erwartungen bezüglich des hoch- und vollautomatisierten Fahrens konnte das Projekt damals jedoch noch nicht erfüllen. Seitdem kam es allerdings zu einer Vielzahl von Innovationen im Bereich der Fahrerassistenzsysteme. Alleine zwischen 2005 und 2012 haben sich die Innovationen in diesem Bereich mehr als vervierfacht (Bratzel 2013, S.9).

² Bei dem Fahrzeug handelte es sich um ein mit der Technik von Delphi ausgerüstetes Fahrzeug von Audi.

³ Mittlerweile wurden, aufgrund gesetzlicher Vorschriften, bei dem Fahrzeug von Google Pedalerie und Lenkrad nachgerüstet um im öffentlichen Verkehr eingesetzt werden zu können.

Fahrfunktionen und sehen die Bedeutung der Faktoren Sicherheit und Komfort in Zukunft als wichtigste Kaufkriterien für Neuwagen an (Bitkom 2014; Bosch 2012; Continental 2015a, S. 26, McKinsey 2015).

Die schnell voranschreitende technische Entwicklung im Bereich der Fahrzeugautomatisierung birgt für die deutsche Automobilindustrie Chancen und Risiken zugleich. Chancen bestehen darin, dass die Fahrzeugautomatisierung erhebliche Umsatz- und Wertschöpfungspotenziale mit sich bringt und der deutschen Automobilindustrie derzeit eine führende Rolle in dem Segment zugesprochen wird (KPMG 2015, S. 23). Eine grundsätzliche Gefahr besteht darin, dass wichtige Leistungsmerkmale und dabei insbesondere die typischen „Premium“-Eigenschaften aus Sicht des Kunden mit voranschreitender Automatisierung neu definiert werden und zunehmend auf Software und Informationstechnologie basieren werden. Dadurch sinken die Markteintrittsbarrieren für neue Wettbewerber, insbesondere Start-Ups und kapitalstarke Unternehmen aus der IT-Industrie, die ihre Kompetenzen nun im Automobilssektor einsetzen können. Das automatisierte Fahren weist dabei auf den ersten Blick charakteristische Merkmale einer disruptiven Innovation auf⁴, sodass auch radikale Marktveränderungen denkbar erscheinen: Johann Jungwirth (ehemaliger Leiter der Mercedes-Benz-Entwicklung in Nordamerika, derzeit für Apple tätig) verdeutlicht die hohe Veränderungsgeschwindigkeit mit seiner Aussage: "In den nächsten zehn Jahren wird sich das Auto stärker verändern als in den letzten fünf Jahrzehnten" (Jungwirth 2014). Der erste Anwendungsfall des automatisierten Fahrens auf der Autobahn könnte daher von strategischer Bedeutung für die künftige Wertschöpfung der deutschen Automobilindustrie sein.

Neben der Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Deutschland sind die möglichen Potenziale zur Vermeidung von Verkehrsunfällen, zur Reduktion von Emissionen sowie zur Bewältigung der steigenden Verkehrsdichte und des demographischen Wandels weitere Treiber für die Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen (Bartels/Ruchatz 2015, S. 170).

Mit den skizzierten Chancen und Risiken wächst auch die politische Notwendigkeit, die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen für die Markteinführung der Technologie zu schaffen beziehungsweise anzupassen.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) diese Studie mit folgenden industriepolitischen Leitfragen beauftragt:

- Welche Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale ergeben sich für den Standort Deutschland?
- Welche Rahmenbedingungen sind notwendig, damit sich Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen entwickeln kann?

⁴ Hierzu zählen u. a. eine neue Funktionalität der Technologie, oftmals eine Einführung durch branchenfremde Akteure sowie eine erste Marktdurchdringung in Nischen (Christensen 2011).

Zur Entwicklung einer industriepolitischen Strategie fehlt noch in mehrfacher Hinsicht eine solide Informationsbasis bezüglich:

1. einer verlässlichen Abschätzung der technischen Entwicklungen im Zeitablauf
2. der volkswirtschaftlichen Kosten und Nutzenpotenziale
3. der Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale für Deutschland
4. neuer Geschäftsmodelle und der Möglichkeit disruptiver Entwicklungen sowie
5. des konkreten rechtlichen Anpassungsbedarfs bzw. der rechtspolitischen Handlungsoptionen.

Technisch sollen in dieser Studie vorrangig folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie leistungsfähig sind die Umfelderkennung und Manöverplanung von automatisierten Fahrzeugen?
- Wie ist die Marktreife der für hochautomatisiertes Fahren benötigten Systeme und ihrer Komponenten (z.B. Sensorik, Aktorik, Ortungsdienste)?
- Worin bestehen die Probleme bei der Umsetzung einer Übergabe der Fahraufgabe zwischen Fahrer und automatisiertem Fahrzeug?
- Welche infrastrukturellen Voraussetzungen sind für das hochautomatisierte Fahren auf Autobahnen notwendig?

Hinsichtlich des volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzenverhältnisses stellt sich die Frage, welche externen Kosten in welchem Umfang durch hochautomatisiertes Fahren gemindert werden können beziehungsweise ob auch neue, zusätzliche externe Kosten entstehen.

Rechtlich wirft eine bevorstehende Umsetzung des hochautomatisierten Fahrens insbesondere völkerrechtliche, verhaltensrechtliche, zulassungsrechtliche, strafrechtliche, haftungsrechtliche und datenschutzrechtliche Fragen auf. Es ist jeweils zu klären, welche Rechtsnormen konkret angepasst werden müssen.

Bezüglich neuer Geschäftsmodelle gilt es zu klären, inwieweit neue Fahrzeugkonzepte ein sogenanntes Leapfrogging⁵ erwarten lassen und inwieweit mit der Möglichkeit, während der Fahrt Nebentätigkeiten im Fahrzeug nachzugehen, neue Geschäftsmodelle und damit Wertschöpfungspotenziale entstehen.

Hinsichtlich der Wertschöpfung im Bereich des (hoch-)automatisierten Fahrens ist zu klären, welches Marktvolumen das Segment der (Hoch-)Automatisierung bis 2020 mit sich bringt und welchen Wertschöpfungsanteil Deutschland heute hat beziehungsweise welcher Anteil künftig erwartet werden kann. Zudem gilt es zu analysieren, welche Schlüsselfaktoren die künftige Wertschöpfung im Bereich der Hochautomatisierung in Zukunft determinieren werden und welche Maßnahmen politische Akteure anderer Länder und branchenfremde Akteure ergreifen.

⁵ Unter Leapfrogging wird das Überspringen von Produktgenerationen aufgrund sehr kurzer Innovations- und Entwicklungszyklen verstanden. Grundsätzlich wird der Begriff auf das Kundenverhalten bezogen, erwartetes Leapfrogging hat jedoch Auswirkungen auf die Produkteinführungsstrategien der Unternehmen zu Folge (Kaulfuß 2007, S. 2ff.).

Die Betrachtung des hochautomatisierten Fahrens wird in dieser Studie aus Gründen der Komplexitätsreduktion auf den Pkw-Sektor begrenzt.⁶ Aufgrund der geringeren technischen Anforderungen wird eine Umsetzung des hochautomatisierten Fahrens von den relevanten Akteuren zunächst auf Autobahnen und autobahnähnlichen Straßen⁷ erwartet (Becker 2014, S. 54; Continental 2013a).⁸ Diese Einschätzung spiegelt sich auch in den Roadmaps der Automobilhersteller und Tier1-Zulieferer wider. Der Anwendungsfall Autobahn ist jedoch keine Nische, sondern von erheblicher verkehrlicher und ökonomischer Bedeutung. Zwar machen Autobahnen und autobahnähnliche Straßen mit insgesamt knapp 16.300 km nur ca. 7% des überörtlichen und ca. 2,5% des gesamten Straßennetzes in Deutschland aus, der Anteil von Autobahnfahrten an der Verkehrsleistung liegt jedoch mit ca. 31% deutlich höher (BMVI 2014; iTP/Ratzenberger/BAG 2015; Statista 2015a).⁹

Ziel der Studie ist, zusammengefasst, neben der wissenschaftlichen Analyse und Bewertung der technischen und rechtlichen Reife des hochautomatisierten Fahrens, die Quantifizierung von Marktvolumina und Wertschöpfung sowie die Ableitung von Erfolgsfaktoren und industriepolitischen Handlungsempfehlungen für den Standort Deutschland.

1.2 Definition verschiedener Automatisierungsgrade

Bei der Betrachtung von unterschiedlichen Forschungsprojekten zum automatisierten Fahren und in der öffentlichen Darstellung des Themas wird schnell deutlich, dass unterschiedliche Akteure ihre Aktivitäten und Ziele mit verschiedenen Potenzialen verbinden. Automobilhersteller folgen einer inkrementellen Logik der schrittweisen Einführung von zusätzlichen Fahrerassistenzsystemen, deren Automatisierungsgrad langsam ansteigt. Demgegenüber setzen Akteure wie Google oder Hersteller automatisierter Shuttle-Systeme auf vollständig automatisierte Fahrzeugkonzepte.

In der öffentlichen Darstellung wird der Begriff „Autonomes Fahren“ häufig undifferenziert verwendet. Der pauschale Gebrauch dieses Begriffs hat zur Folge, dass teilweise Erwartungen geweckt werden, die aus heutiger Sicht vielfach noch nicht erfüllbar sind. Zur Etablierung einer Technologie ist jedoch ein einheitliches Vokabular ein wichtiger Bestandteil, auf den sich gemeinsame Entwicklungspotenziale, Regulierungsbedarfe und Gewinnhoffnungen der Technologie stützen. (Dolata/Werle 2007) Im Bereich des automatisierten Fahrens ist eine solche allgemein akzeptierte

⁶ Das vorliegende Gutachten beschränkt sich auf die Betrachtung des PKW-Marktes. Obwohl eine steigende Automatisierung aus juristischer und technischer Sicht für alle Fahrzeugtypen grundsätzlich denkbar und in einem ähnlichen Zeithorizont realisierbar ist, bedarf die Betrachtung der Wertschöpfung einer klaren Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes. Da die zunehmende Automatisierung gerade für den Straßengüterverkehr grundsätzlich andere ökonomische Implikationen haben wird als für den Individualverkehr, bedürfte dieser einer separaten Betrachtung.

⁷ Die Definition autobahnähnlicher Straßen findet sich in (FGSV 1999). Straßen dieser Kategorie zeichnet aus, dass sie außerhalb bebauter Gebiete verlaufen und weniger dynamische Elemente aufweisen als Straßen der Kategorie „Innerorts“ oder „Landstraße“. Der Autobahnverkehr ist strukturierter (d.h. kein Gegenverkehr, keine Kreuzungen, Kreisverkehre etc.) und damit trotz höherer Geschwindigkeiten weniger komplex als der Stadt- und Landstraßenverkehr.

⁸ Parallel erfolgt der Einsatz in Stau-, Park-, oder Rangierfunktionen, da diese in der Regel mit sehr geringen Geschwindigkeiten durchgeführt und die Anforderungen an die Sensoren somit als gering einzustufen sind. Am Ende steht das Einführen von autonomen Fahrzeugen in den urbanen Verkehr, da hier die größte Komplexität zu erwarten ist (Reif/Dietsche 2014).

⁹ Beim genannten Anteil an der Verkehrsleistung in Höhe von 31 % ist nicht zwischen Lkw und Pkw differenziert. Es ist anzunehmen, dass der Anteil bei einer reinen Pkw-Betrachtung etwas geringer ist.

Begriffsdefinition daher ein wichtiger Schritt, um die technische Innovation zu erklären und eine Anschlussfähigkeit an die juristische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Umwelt mit deren jeweiligen Herangehensweisen herzustellen.

In den letzten Jahren haben verschiedene Institutionen Begriffsdefinitionen für das automatisierte Fahren veröffentlicht, welche die schrittweise Verschiebung in der Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine beschreiben. Die meist zitierten Definitionen mit dem größten Einfluss auf die Etablierung eines gemeinsamen Wortlautes stammen von den Organisationen Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt¹⁰; siehe Abbildung 1) und der Society of Automotive Engineers (SAE; siehe Abbildung 2).

Nomenklatur	Beschreibung Automatisierungsgrad und Erwartung des Fahrers	Beispielhafte Systemausprägung
Driver Only	Fahrer führt dauerhaft (während der gesamten Fahrt) die Längsführung (Beschleunigen/Verzögern) und die Querführung (lenken) aus	Kein in die Längs- oder Querführung eingreifendes (Fahrerassistenz-) System aktiv
Assistiert	Fahrer führt dauerhaft entweder die Quer- oder die Längsführung aus. Die jeweils andere Fahraufgabe wird in gewissen Grenzen vom System ausgeführt <ul style="list-style-type: none"> • Der Fahrer muss das System dauerhaft überwachen • Der Fahrer muss jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahrzeugführung bereit sein 	Adaptive Cruise Control: <ul style="list-style-type: none"> • Längsführung mit adaptiver Abstands- und Geschwindigkeitsregelung Parkassistent: <ul style="list-style-type: none"> • Querführung durch Parkassistent (Automatisches Lenken in Parklücken. Der Fahrer steuert die Längsführung.)
Teil-automatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung (für einen gewissen Zeitraum oder/und in spezifischen Situationen) <ul style="list-style-type: none"> • Der Fahrer muss das System dauerhaft überwachen • Der Fahrer muss jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahrzeugführung bereit sein 	Autobahnassistent: <ul style="list-style-type: none"> • Automatische Längs- und Querführung • Auf Autobahnen bis zu einer oberen Geschwindigkeitsgrenze • Fahrer muss dauerhaft überwachen und bei Übernahmeaufforderung sofort reagieren
Hoch-automatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Situationen <ul style="list-style-type: none"> • Der Fahrer muss das System dabei nicht überwachen • Bei Bedarf wird der Fahrer zur Übernahme der Fahraufgabe mit ausreichender Zeitreserve aufgefordert • Systemgrenzen werden alle vom System erkannt. Das System ist nicht in der Lage, aus jeder Ausgangssituation den risikominimalen Zustand herbeizuführen 	Autobahn-Chauffeur: <ul style="list-style-type: none"> • Automatische Längs- und Querführung • Auf Autobahnen bis zu einer oberen Geschwindigkeitsgrenze • Fahrer muss nicht dauerhaft überwachen und nach Übernahmeaufforderung mit gewisser Zeitreserve reagieren
Voll-automatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig in einem definierten Anwendungsfall <ul style="list-style-type: none"> • Der Fahrer muss das System dabei nicht überwachen • Vor dem Verlassen des Anwendungsfalles fordert das System den Fahrer mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Fahraufgabe auf • Erfolg dies nicht, wird in den risikominimalen Systemzustand zurückgeführt • Systemgrenzen werden alle vom System erkannt, das System ist in allen Situationen in der Lage, in den risikominimalen Systemzustand zurückzuführen 	Autobahn-pilot: <ul style="list-style-type: none"> • Automatische Längs- und Querführung • Auf Autobahnen bis zu einer oberen Geschwindigkeitsgrenze • Fahrer muss nicht überwachen • Reagiert der Fahrer nicht auf eine Übernahmeaufforderung, so bremst das Fahrzeug in den Stillstand herunter.

Abbildung 1: Definition verschiedener Automatisierungsgrade von Kraftfahrzeugen der BASt¹¹

Level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Abbildung 2: Definition verschiedener Automatisierungsgrade von Kraftfahrzeugen der SAE¹²

¹⁰ Diese Definition wurde auch vom runden Tisch des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und dem Verband der Automobilindustrie (VDA) adaptiert.

¹¹ Eigene Darstellung auf Basis von Gasser et al. 2012.

Kriterien der Definition

Um unterschiedliche Automatisierungsgrade zu beschreiben, werden verschiedene Kriterien herangezogen, die folgende Ausprägungen annehmen können:

Tabelle 1: Kriterien zur Beschreibung von Automatisierungsgraden

Merkmal	Mögliche Ausprägungen		
Übernahme Längs- und/oder Querführung	Mensch	Aufgabenteilung	System
Dauer der Automatisierung	begrenzt		unbegrenzt
Überwachung des Systems durch den Fahrer	erforderlich		nicht erforderlich
Nebentätigkeiten möglich	keine	unter Auflagen	alle
Rückfallebene bei Systemgrenze (Übernahmepflicht)	Mensch	Mensch & System	System
Übernahmebereitschaft	jederzeit	mit ausreichender Übernahmezeit	nicht notwendig
Erkennung von Systemgrenzen	Mensch	Mensch & System	System
Überführung in den risikominimalen Zustand durch das System	gegeben		nicht gegeben

Die existierenden Definitionen ähneln sich weitestgehend hinsichtlich Nomenklatur und Dimensionsausprägungen, weichen jedoch gerade im Bereich der Hoch- und Vollautomatisierung voneinander ab. Diese auf den ersten Blick marginale Unterscheidung könnte jedoch weitreichende rechtliche, technische, wirtschaftliche und schließlich auch gesellschaftlich-ethische Konsequenzen auf dem Weg der technischen Implementierung nach sich ziehen.

Der zentrale Unterschied der Definitionen von BAST und SAE betrifft die Dimension der Rückfallebene im Notfall während des hochautomatisierten Fahrens. Die Formulierung der BAST beschreibt einen Zielzustand, in dem der Fahrer sich vom Fahrgeschehen abwenden darf und mit einer „ausreichenden Zeitreserve“ die Fahraufgabe wieder übernehmen muss. Das Fahrzeug ist dabei nicht in der Lage, bei ausbleibender Fahrerübernahme aus jeder Ausgangssituation den risikominimalen Zustand herbeizuführen.

Hierbei wird deutlich, dass im Falle einer ausbleibenden Übernahme durch den Fahrer die alleinige Verantwortung für das Fahrgeschehen auf den Selbigen übertragen wird.

¹² Eigene Darstellung auf Basis von SAE 2015.

Die Frage, welche Reaktion das Fahrzeug in einem solchen Fall zeigen sollte, bliebe hierbei eine Entscheidung der Fahrzeughersteller und könnte von einer Stillstandsbremsung in derselben Spur bis hin zum sicheren Nothalten auf dem Seitenstreifen reichen.¹³

Die SAE hingegen definiert den Ausdruck „High Automation“ als einen Zustand, in dem das Fahrzeug alle Aspekte der Fahraufgabe übernimmt „[...] even if the driver does not respond appropriately to a request to intervene.“ Dies impliziert, dass die Rückfallebene im Falle einer ausbleibenden Übernahme durch den Fahrer in jedem Fall durch das Fahrzeug zur Verfügung gestellt werden muss und somit auch Fragen der Haftung in einem Notfall anders bewertet werden müssten als im oberen Fall. Diese Umschreibung stimmt wiederum mit dem Term „Vollautomatisierung“ überein, wie ihn die BASt verwendet. Die SAE führt daher eine weitere Zwischenstufe ein, die den Übergang zwischen Teil- und Hochautomatisierung beschreibt. Die Zwischenstufe „Conditional Automation“ ähnelt weitestgehend der BASt-Definition für Hochautomatisierung, verzichtet dabei jedoch auf den Zusatz der „ausreichenden Zeitreserve“ für die Übergabe der Fahraufgabe vom Fahrzeug an den Fahrer. Dies stellt laut Experten der BASt insofern ein Problem dar, als dass dem Fahrer zwar eine Abwendung vom Fahrgeschehen gestattet wird, er jedoch theoretisch ohne oder mit sehr kurzer Übergangszeit als alleinige Rückfallebene – und somit auch allein Verantwortlicher – im Falle des Erreichens einer Systemgrenze fungieren soll (BASt 2014). Ein solches Szenario könne jedoch als problematisch angesehen werden, da beim hochautomatisierten Fahren die bekannten „Ironies of Automation“¹⁴ zum Tragen kommen könnten, die die Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine häufig erschweren.

Um das vorliegenden Gutachten für die Diskussion zum Thema automatisiertes Fahren in Deutschland anschlussfähig zu machen, werden im weiteren Verlauf die Definitionsstufen der BASt verwendet. Im Folgenden wird die Kategorisierung des BASt

¹³ Obwohl laut Definition der Fahrer eines hochautomatisierten Fahrzeugs dazu verpflichtet sein wird, die Fahrzeugsteuerung nach Aufforderung mit ausreichender Zeitreserve zu übernehmen, muss das hochautomatisierte Fahrsystem künftig eine Fahrstrategie für den Fall bereithalten, dass der Fahrer dieser Aufforderung nicht nachkommt. Hierbei wäre ein Abschalten des Systems (wie im aktuellen teilautomatisierten System der Mercedes S-Klasse) theoretisch genauso möglich, wie ein Nothalt auf dem Seitenstreifen. Da juristisch betrachtet die Verantwortung nach einer Übernahmeaufforderung auf den Fahrer übertragen wird, ist es aus heutiger Sicht wahrscheinlich, dass durch den Gesetzgeber kein definiertes Notfallmanöver vorgeschrieben wird. Stattdessen wird die Funktion im Falle einer ausbleibenden Übernahme durch den jeweiligen OEM festgelegt und so zu einem weiteren Wettbewerbsmerkmal für hochautomatisierte Fahrzeuge werden. Laut Expertenaussage eines Automobilherstellers werden sich die OEM bemühen, das „Bestmögliche“ für den Fahrer zu tun und versuchen, das Fahrzeug in einen sicheren Zustand zu überführen. Jedoch könne dies bei hochautomatisierten Systemen nicht in jedem Fall garantiert werden. Im Falle eines Systemausfalls hingegen, in dem die Gewährleistung einer ausreichenden Übernahmezeit nicht gegeben ist, werden stattdessen redundante Funktionen greifen, um das Fahrzeug mindestens für einen gewissen Zeitraum sicher zu führen. So ist hierfür ein redundantes System vorgesehen, welches zum Beispiel die Leitplanken statt der Fahrbahnmarkierungen erkennt oder dem vorausfahrenden Fahrzeug folgt, ohne selbst die Spur zu detektieren. Hierbei gäbe es dann die Möglichkeit, die Geschwindigkeit langsam zu reduzieren und sicher zum Stehen zu kommen (Experteninterview Forschung 1).

¹⁴ Bereits 1983 formulierte die Psychologin Bainbridge die „Ironies of Automation“, welche auch im Zusammenhang mit FAS eine hohe Relevanz besitzen: 1. Je weiter ein Kontrollsystem fortschreitet, desto wichtiger wird der menschliche Bediener. 2. Je besser das System arbeitet, desto seltener muss der Mensch eingreifen, desto schlechter wird er dies aber können. 3. Ein Computer tut, was Menschen schlecht können, Menschen sollen aber überwachen, ob er das Richtige tut. 4. Der Mensch muss gerade dann eingreifen, wenn es die Automation nicht mehr schafft (Bainbridge 1983),

dargestellt, erweitert um die durch den Runden Tisch Automatisiertes Fahren ergänzte Stufe „autonom“ (BMVI 2015e).

Die Ausgangsstufe wird als „Driver Only“ bezeichnet und steht für das rein manuelle Fahren, ohne die Unterstützung aktiver Assistenzsysteme. Folglich führt der Fahrer über die gesamte Fahrtdauer alle Längs- und Querführungsaktivitäten durch, ohne dabei von einem System unterstützt zu werden.

Die Vorstufe des automatisierten Fahrens wird als „Assistiert“ bezeichnet. Analog zur Stufe „Driver Only“ führt der Fahrer dauerhaft über die gesamte Fahrt die Quer- und Längsführung des Fahrzeugs aus, allerdings werden einzelne Fahraufgaben in gewissen Grenzen vom System ausgeführt. Dabei muss der Fahrer das System dauerhaft überwachen und jederzeit bereit sein die Fahrzeugführung vollständig zu übernehmen. Beispielhafte Systeme sind der Abstandsregeltempomat (engl. ACC) oder der aktive Spurhalteassistent (engl. LKA).

Die Bezeichnung „Teilautomatisiert“ steht für die erste Automatisierungsstufe. Hierbei ist das System in der Lage, sowohl die Quer- als auch die Längsführung für einen begrenzten Zeitraum oder in spezifischen Situationen zu übernehmen. Weiterhin muss der Fahrer das System dauerhaft überwachen und jederzeit in der Lage sein, die Fahrzeugführung vollständig zu übernehmen. In der Praxis werden teilautomatisierte Systeme bereits heute im geringeren Geschwindigkeitsbereich als „Stauassistent“¹⁵ eingesetzt.

Die zweite Ausbaustufe wird als „Hochautomatisiert“ bezeichnet. In diese Kategorie fallen Systeme, die in der Lage sind, die Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Situationen zu übernehmen. Entgegen der Teilautomatisierung ist der Fahrer jedoch nicht mehr verpflichtet, das System dauerhaft zu überwachen, sodass eine Beschäftigung mit gewissen fahrfremden Nebentätigkeiten für den Fahrer möglich wird. Sofern eine Übernahme der Fahrzeugführung durch den Fahrer notwendig wird, wird dieser durch das System mit ausreichender Zeitreserve zum Übernehmen aufgefordert. Das System ist in der Lage Systemgrenzen zu erkennen, welche zum Teil automatisch abgefangen werden können. Sofern dies nicht möglich ist, wird eine Übergabeaufforderung an den Fahrer geleitet.

Schließlich beschreibt die Bezeichnung „Vollautomatisiert“ nach BASt die dritte Stufe der Automatisierung. In dieser Stufe werden Quer- und Längsführung in einem definierten Anwendungsfall vollständig vom System ausgeführt, wobei der Fahrer das System nicht überwachen muss. Vor dem Verlassen des Anwendungsfalls wird mit ausreichender Zeitreserve die Übergabe an den Fahrer eingeleitet. Falls die Übernahme durch den Fahrer nicht erfolgt, führt das System den risikominimalen Zustand herbei. Das System erkennt alle Systemgrenzen und ist jederzeit in der Lage sich in den risikominimalen Systemzustand zurückzuführen.

Andere Kategorisierungen wie jene des VDA, der SAE sowie der NHTSA sehen eine weitere Stufe der Automatisierung vor: Das fahrerlose Fahren. In dieser Stufe bewältigt das System alle während einer Fahrt auftretenden Situationen vollständig. Zum Führen des Fahrzeugs wird kein Fahrer benötigt.

Auch der Runde Tisch Automatisiertes Fahren hat die höchste Automatisierungsstufe autonomes („fahrerloses“) Fahren hinzugefügt: das System übernimmt das Fahrzeug

¹⁵ Die in der Praxis verwendete Bezeichnung Stauassistent ist hinsichtlich der Automatisierungsstufen irreführend, aber dennoch gebräuchlich.

vollständig vom Start bis zum Ziel; alle im Fahrzeug befindlichen Personen sind in diesem Fall Passagiere.

Unter anderem aufgrund der Begriffskonfusion werden die Erwartungen an das „autonome“ Fahren in der Presse teilweise überhöht und dessen Anwendungsumfänge und /oder dessen zeitliche Verfügbarkeit falsch dargestellt. Das autonome Fahren mit Pkw und heute bestehenden Leistungsmerkmalen auf öffentlichen Straßen ist demgegenüber nicht vor 2030 als Marktangebot zu erwarten (vgl. Kap. 4.9). Allerdings impliziert die Bezeichnung „Stufen“ oder „Level“ für die einzelnen Grade der Automatisierung eine hierarchische Einteilung und eine funktional aufeinander aufbauende, „linear“ fortschreitende Automatisierung. Während eine solche Entwicklung für im öffentlichen Straßenverkehr zugelassene Kraftfahrzeuge durchaus angenommen werden kann, sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es in anderen Anwendungsfeldern wie auf privaten Arealen oder im niedrigen Geschwindigkeitsbereich bereits Transportsysteme auf dem Markt gibt, die bereits die Voraussetzungen der Vollautomatisierung und des fahrerlosen Fahrens erfüllen (Mueller/Sgouridis 2011).

2 Projektstruktur und Methodik

2.1 Struktur der Studie

Nach der allgemeinen Erläuterung des methodischen Vorgehens bei der Erstellung der Studie (**Kapitel 2.2**) wird im darauf folgenden **Kapitel 2.3** die Methodik zur Bewertung der Wertschöpfung im Bereich des automatisierten Fahrens für den Standort Deutschland vorgestellt.

Ausgangspunkt der Wertschöpfungsanalyse ist der in **Kapitel 3** dargestellte Status quo der Wertschöpfung am Standort Deutschland im Bereich der Fahrzeugautomatisierung. In einem ersten Schritt werden hierfür der Betrachtungsrahmen abgesteckt und die HAF technisch vorausgehenden und heute verfügbaren Systeme beschrieben. Zudem wird das HAF-System funktional und technisch beschrieben und in Wertschöpfungsmodule unterteilt. Im nächsten Schritt wird das Marktvolumen quantifiziert. Darauf aufbauend wird mittels eines automobilwirtschaftlichen Wertschöpfungsmodells der Wertschöpfungsanteil Deutschlands und die Beschäftigtenanzahl innerhalb der Automobilindustrie am Standort Deutschland im Bereich HAF-relevanter Technologien ermittelt.

Die **Kapitel 4-6** stellen die Grundlage für die Ausarbeitung künftiger Markt- und Wertschöpfungsszenarien für den Wirtschaftsstandort Deutschland dar.

In **Kapitel 4** wird die technische Reife bezogen auf die Komponenten und Funktionen des HAF-Systems analysiert und bewertet. Zudem wird die technologische Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie und Forschung komponentenspezifisch bewertet. Darauf folgend wird mit einer Roadmap ein Ausblick auf die von Zulieferern und Herstellern erwartete Markteinführung von HAF-Systemen gegeben.

Da das hochautomatisierte Fahren auf Autobahnen nur unter der Bedingung weitreichender Anpassungen der juristischen Rahmenbedingungen im öffentlichen Straßenverkehr realisiert werden kann, werden diese in **Kapitel 5** ausführlich vorgestellt und Ansatzpunkte einer Novellierung diskutiert.

In **Kapitel 6** werden die politische Ausgangssituation sowie die Rechtsrahmen und jeweiligen gesetzgeberischen Aktivitäten in den relevantesten Wettbewerbsländern beschrieben und mit der Situation in Deutschland verglichen.

In **Kapitel 7** wird die Marktdiffusion des hochautomatisierten Fahrens anhand einer Meta-Studie und eigenen Berechnungen ermittelt. Unter der Annahme, dass der heutige Wertschöpfungsanteil Deutschlands gehalten werden kann, wird darauf aufbauend ein Prognosewert für die künftige Wertschöpfung und Beschäftigung errechnet. Da dies eine sehr optimistische Annahme darstellt und ein optimistisches Ergebnis innerhalb des denkbaren Szenariofeldes zur Folge hat, wird im nächsten Abschnitt, analytisch getrennt nach Leitmarkt und Leitanbieter, die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands anhand von Indikatoren bewertet und zu einem Indexwert verdichtet. Zudem wird analysiert inwiefern es sich bei automatisierten Fahren um eine disruptive Technologie handelt und welche Markttrollen branchenfremde Akteure übernehmen könnten.

Anschließend wird in **Kapitel 8** eine volkswirtschaftliche Kosten- und Nutzenanalyse des hochautomatisierten Fahrens erstellt. Anhand von aktuellen Forschungsergebnissen werden die verkehrlichen, ökologischen und sozialen Effekte des hochautomatisierten Fahrens auf den Treibstoffverbrauch, die Vermeidung von Stausituationen und die

Verkehrssicherheit quantifiziert und im Rahmen einer ökonomischen Kosten-Nutzen-Analyse monetarisiert.

Abschließend wird im **Kapitel 9** die Positionierung des Standorts Deutschland mittels einer SWOT-Analyse zusammengefasst und einer kritischen Würdigung unterzogen. Darauf folgen Handlungsempfehlungen für prioritäre industriepolitische Maßnahmen.

In **Kapitel 10** werden die zentralen Ergebnisse und Implikationen des Gutachtens zusammengefasst.

Abbildung 3 fasst die Struktur der Studie zusammen:

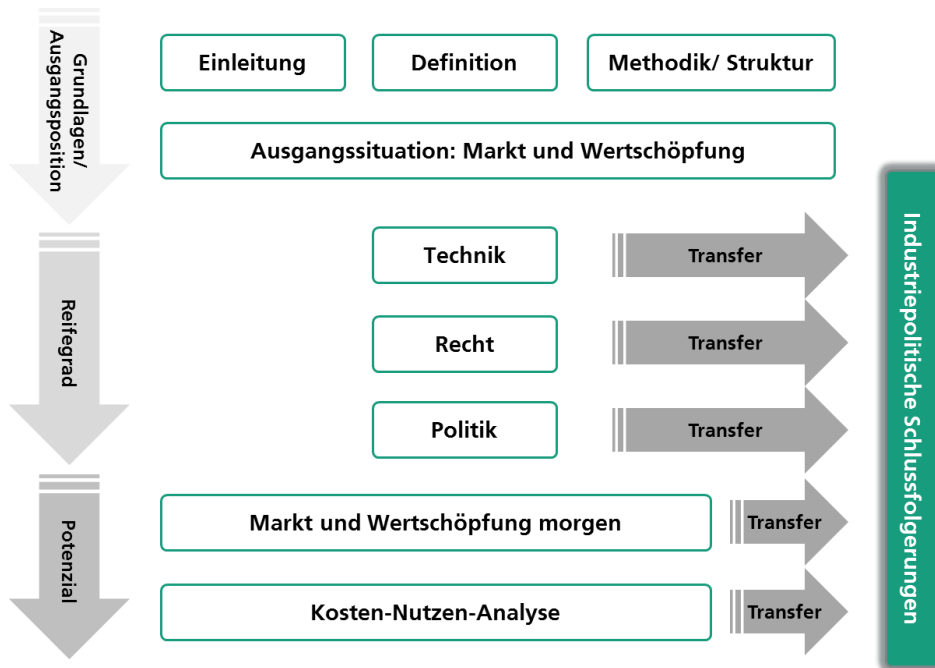


Abbildung 3: Struktur des Gutachtens¹⁶

Das Gutachten folgt dabei einem dezidiert industriepolitischen Untersuchungsansatz. Ausgehend von einer Analyse der Ausgangssituation und der heutigen Positionierung Deutschlands als Leitmarkt und Leitanbieter im Bereich ADAS werden die für hochautomatisiertes Fahren (HAF) benötigten Technologien untersucht. Ferner wird der für einen funktions sicheren HAF-Regelbetrieb benötigte Rechtsrahmen analysiert. Die komparative Analyse der gegenwärtigen Rahmenbedingungen in den wesentlichen Wettbewerbsländern ergänzt diese Analyse. Aus diesen Untersuchungen werden industriepolitische Schlussfolgerungen abgeleitet. Die Markt- und Wertschöpfungsanalyse bis zum Jahr 2025 und die HAF-Standortanalyse zeigen die möglichen industriepolitischen Potenziale und Risiken für den Standort Deutschland auf. Mittels einer Kosten-Nutzen-Analyse werden die volkswirtschaftlichen Potenziale von HAF quantifiziert. Diese Abschätzungen liefern weitere Argumente für eine Strategie, die auf die Erreichung einer führenden Stellung Deutschlands im Bereich des hochautomatisierten und vernetzten Fahrens abzielt (Leitmarkt). Im abschließenden Kapitel „Industriepolitische Schlussfolgerungen“ werden konkrete industriepolitische Handlungsempfehlungen formuliert.

¹⁶ Eigene Darstellung

2.2 Allgemeine Methodik der Studie

Methodisch fußt das Gutachten auf drei Säulen:

- a) Methoden aus den jeweiligen Fachdisziplinen (Ingenieurwissenschaft, Informatik, Technologiemanagement, Volks- und Betriebswirtschaft sowie Sozial- und Rechtswissenschaften)
- b) Primärdatenerhebung in Form von Datenanfragen bei Unternehmen (z.B. zur Beschäftigungsverteilung im Produktions- und Entwicklungsnetzwerk) sowie Interviews mit Experten der Automobilhersteller, Automobilzulieferer Unternehmensberatungen, IT-Branche und Wissenschaft
- c) Eigenentwicklung eines Wertschöpfungsmodells

Zur Klärung der technischen Vorbedingungen und Entwicklungsaussichten im Bereich der Fahrzeugautomatisierung wurde eine fundierte Literaturrecherche zum aktuellen Stand der Technik und aktuellen Technologietrends durchgeführt und anhand dieser eine Abschätzung der Marktreife der Systeme und Komponenten vorgenommen. Die Literaturrecherche wurde anschließend mittels Gesprächen mit anerkannten Fachexperten aus den jeweiligen Technologiefeldern validiert.

Die Darstellung der relevanten Rechtsgebiete, die durch die technische Entwicklung in naher Zukunft berührt werden, erfolgte anhand eines Literaturstudiums einschlägiger rechtswissenschaftlicher Quellen, die sowohl nationale als auch internationale Gesetzestexte und Kommentare umfassen. Hierauf aufbauend erfolgte eine dezidierte Auseinandersetzung mit den bestehenden Vorschriften im Hinblick auf Anpassungspotenziale für die Einführung hochautomatisierter Fahrfunktionen und eine anschließende Bewertung der notwendigen Maßnahmen.

Die Markt- und Wertschöpfungsbetrachtung wurden anhand eines Wertschöpfungsmodells durchgeführt. Dieses wird im nachfolgenden Kapitel im Detail beschrieben.

Für die zukunftsbezogene Bewertung von Einflussfaktoren auf die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als Leitmarkt und Leitanbieter wurde ein Indikatorenset entwickelt und bewertet. Hierbei wurden je nach Indikator statistische Erhebungen genutzt und/oder Experten der Fraunhofer-Gesellschaft sowie externe Experten aus Industrie und Wissenschaft zur Validierung herangezogen.

Die volkswirtschaftliche Bewertung des hochautomatisierten Fahrens erfolgte mittels Hochrechnungen der relevanten Parameter (Unfälle, Emissionen, Verkehrsfluss u.a.) ausgehend von nationalen und internationalen statistischen Daten sowie einer Auswertung aktueller F&E-Projekte. Darauf aufbauend erfolgten eine monetarisierte Kosten-Nutzen-Analyse sowie eine Extrapolation für die Jahre 2020-2025. Hierbei wurden anerkannte Quantifizierungsansätze aus der Literatur genutzt.

2.3 Methodische Erläuterungen der Marktanalyse und Wertschöpfungsbewertung

In dem Gutachten wird neben einer Umsatzbetrachtung auch eine Wertschöpfungsanalyse durchgeführt, da eine Verkürzung der Diskussion auf

Umsatzpotenziale keine Aussage über die in einzelnen Wertschöpfungsprozessen im Inland realisierbare Wertschöpfung ermöglichen und somit zu einer falschen Einschätzung der tatsächlichen Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale führen kann.

Die Analyse der Wertschöpfung ist eine objektive Analyseart, da von quantifizierbaren Leistungen ausgegangen wird, die vom Empfänger der Leistung bis zum Anbieter zurückverfolgt werden können (Hanssen 2010, S. 164). Somit können die Wertschöpfungsbeiträge einzelner Wertschöpfungsprozesse bewertet werden. Grundsätzlich ist zwischen einem betriebswirtschaftlichen und einem volkswirtschaftlichen Wertschöpfungsbegriff zu unterscheiden. Betriebswirtschaftlich wird der Begriff der Wertschöpfung häufig im Sinne von Wert(schöpfungs)ketten gebraucht („Porter Value Chain“). Im Rahmen dieser Studie wird ein volkswirtschaftlicher Wertschöpfungsbegriff verwendet. Innerhalb der Volkswirtschaftslehre bemisst die Wertschöpfung je nach Aggregationsniveau die gesamtwirtschaftliche Leistung einer Ökonomie und den Beitrag der einzelnen Wirtschaftseinheiten zum Bruttoinlandsprodukt (BIP).

Die Bruttowertschöpfung umfasst – nach Abzug sämtlicher Vorleistungen – die insgesamt produzierten Güter und Dienstleistungen zu den am Markt erzielten Preisen und ist somit der Wert, der den Vorleistungen durch Bearbeitung hinzugefügt worden ist (Statistisches Bundesamt 2007). Wird die Bruttowertschöpfung zu Herstellpreisen bewertet, beinhaltet sie die empfangenen Gütersubventionen, jedoch nicht die Gütersteuern.

Eine Möglichkeit, Wertschöpfung zu berechnen ist die subtraktive Erhebungsmethode, auch besser bekannt als „Entstehungsrechnung“. Hierbei werden die Vorleistungen vom Wert der Abgabeleistung abgezogen. Die Differenz ist der Mehrwert (Kraus 2005, S. 7f.).

Die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung zielt auf die Bewertung der nationalökonomischen Leistung bzw. der Branchenleistung ab. Aufgrund des hohen Aggregationsniveaus lassen sich aus den Statistiken der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung nur in geringem Maße Aussagen zu durch den Technologiewandel induzierten Wertschöpfungstrends ableiten.

In der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung ist eine wirtschaftliche Tätigkeit dadurch definiert, dass eine integrierte Reihe von Einzeltätigkeiten innerhalb ein und derselben statistischen Einheit durchgeführt wird (Statistisches Bundesamt 2008, S. 9). Die definierten wirtschaftlichen Tätigkeiten lassen sich jedoch nicht in Produktkomponenten oder Absatzmärkte auflösen. Im Rahmen dieser Arbeit geht es jedoch um eine spezifischere Analyseeinheit, nämlich um Systeme zur Realisierung des hochautomatisierten Fahrens und Dienstleistungen, die durch automatisiertes Fahren ermöglicht werden. Für eine differenziertere Bewertung ist es nötig, das Produkt HAF feiner zu unterteilen und die Vorleistungskette zu berücksichtigen, um zu ermitteln, welcher Bereich der Leistungserstellung realistisch am Standort ausgeschöpft werden kann und mit welchen Potenzialen dies einhergeht. Der grundsätzlich realisierbare Bereich kann auch als „disponible“ Wertschöpfung bezeichnet werden. Die Disponibilität bezieht sich dabei auf die jeweilige Industrie eines Standortes. Beispielsweise haben Wertschöpfungsmodule, die sehr stark von Software geprägt sind, einen prinzipiell sehr hohen Anteil an disponibler Wertschöpfung. Wertschöpfungsmodule, die in hohem Maße rohstoffabhängig und / oder vorleistungabhängig sind, haben hingegen einen sehr geringen Anteil disponibler Wertschöpfung.

Zur Bewertung der Wertschöpfung wird ein Top-Down-Ansatz zugrunde gelegt. Nachfolgend werden die Parameter des Modells beschrieben und die Datengrundlagen und Annahmen erläutert.

Teil 1: Marktmodell

Das Marktmodell besteht aus folgenden Parametern:

- Stückzahlen der betrachteten Systeme (regionalisiert)
- Preise der betrachteten Systeme

Output: Marktvolumina der betrachteten Systeme (regionalisiert)

Parameter: Stückzahlen der betrachteten Systeme

Ausgangspunkt der Betrachtungen ist ein regional differenziertes Pkw-Marktmodell. Der Pkw-Absatz in den jeweiligen Regionen stellt das Maximalpotenzial für den Absatz der betrachteten Systeme (ADAS, HAF) dar.

Als Regionen werden definiert:

- Nordamerika (USA, Kanada, Mexico)
- Europa (West- und Osteuropa inkl. Schweiz, Russland, Ukraine, Türkei, wenn nicht anders ausgewiesen inklusive Deutschland)
- Deutschland
- China (ohne Hong Kong, Macau und Taiwan)
- Japan
- Rest der Welt (inkl. Korea)

Unterschiede bei den regionalen und nationalen Zulassungsklassifikationen¹⁷ werden berücksichtigt und die Stückzahlen entsprechend normiert.

Dabei werden für die Ist-Werte die globalen Zulassungs- bzw. Absatzstatistiken von OICA zugrunde gelegt und mit den Daten von IHS Polk und VDA abgeglichen. Für die Zukunftsprojektion werden eigene Berechnungen auf Basis von Aussagen der Industrie zur künftigen Marktentwicklung, sowie auf Basis von Studien von Unternehmensberatungen und Marktforschungseinrichtungen durchgeführt.

In einem zweiten Schritt wird anhand der nationalen Zulassungs- bzw. Absatzstatistiken der Absatz von Premiumfahrzeugen¹⁸ und Oberklassefahrzeugen in den betrachteten Märkten verglichen. Der Absatz von Premium- und Oberklassefahrzeugen ist ein Indikator

¹⁷ In einigen Märkten (NAFTA, Lateinamerika sowie einigen asiatischen Märkten) werden Sport Utility Vehicles (SUVs) sowie Pick-Ups als Light Commercial Vehicles klassifiziert. SUVs werden jedoch grundsätzlich und Pick-Ups teilweise für den Personenverkehr eingesetzt. Um ein realitätsnahes Bild der Pkw-Stückzahlen zu erhalten, werden die Zulassungszahlen normiert auf Fahrzeuge, die überwiegend für den privaten Personentransport eingesetzt werden.

¹⁸ Die Premiumeigenschaft eines Automobils steht mit der Marke des Herstellers in Verbindung. Entsprechend sind Premiumfahrzeuge Fahrzeuge, die von Premiummarken hergestellt werden. Premiummarken sind dadurch gekennzeichnet, dass Fahrzeuge dieser Marke bei gleichen Grundmerkmalen des Fahrzeugs (z.B. Motorisierung und Ausstattung) einen höheren Preis erzielen. Eine Premiummarke kann grundsätzlich in allen Pkw-Größenklassen Premiumaufschläge erzielen (Legler et al 2009, S. 123).

Darauf folgen eine regional differenzierte Marktbetrachtung der Ist-Werte und der Prognosewerte der Stückzahlen der betrachteten Systeme (ADAS, HAF-Systeme¹⁹). Für die Ermittlung der Stückzahlen werden eigene Berechnungen basierend auf einer Reihe von Marktforschungsstudien, Unternehmensangaben sowie der Auswertung von Sonderausstattungsoptionen und Ausstattungsraten durchgeführt.

Parameter: Preise der betrachteten Systeme

Die Netto-Durchschnittspreise der Systeme werden auf Basis von Marktforschungsstudien, eigenen Recherchen der Sonderausstattungspreislisten sowie Aussagen von Herstellern und Zulieferern ermittelt. Das Preismodell berücksichtigt bei der Bestimmung der künftigen Preise der Systeme den technischen Fortschritt sowie Kostendegressions- und Erfahrungskurveneffekte.

Output: Marktvolumina (Umsatz) der betrachteten Systeme

In einem letzten Schritt wird das Marktvolumen für die betrachteten Systeme in den verschiedenen Regionen ermittelt und in Relation zum Pkw-Absatz beurteilt. Das Marktvolumen ergibt sich dabei aus den Parametern „Stückzahl“ und „Preis“.

Teil 2: Wertschöpfungsmodell

In die Wertschöpfungsanalyse fließen folgende Parameter ein:

- Definition von Wertschöpfungsmodulen
- Bestimmung des Produktions- und Entwicklungsanteils der Wertschöpfungsmodule
- Zuordnung von Herstellern/Zulieferern zu Wertschöpfungsmodulen
- Bestimmung der Wertanteile der Wertschöpfungsmodule am Gesamtsystem
- Marktanteile Hersteller/Zulieferer (regional differenziert / bezogen auf Wertschöpfungsmodule)
- Standortanteile der deutschen Akteure je Wertschöpfungsmodul
- Leistungstiefe und Importanteile je Wertschöpfungsmodul
- Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem unter Berücksichtigung des Produktivitätszuwachs

Parameter: Definition von Wertschöpfungsmodulen

Um die Wertschöpfung des hochautomatisierten Fahrens bzw. der hierfür benötigten Komponenten zu bewerten, ist es nötig, granulare Wertschöpfungseinheiten zu definieren. Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Studie „Wertschöpfungssegmente“ wie beispielsweise ein ACC-System und „Wertschöpfungsmodule“ wie die (Radar-)Sensorik eines ACC-Systems definiert und deren jeweiliger Anteil an der Gesamtwertschöpfung des Wertschöpfungssegments inkl. Vorleistungen bestimmt.

Parameter: Bestimmung des Produktions-/ Entwicklungsanteils

Um die Wertschöpfungsmodule hinsichtlich der Anteile der am Standort Deutschland stattfindenden Tätigkeiten näher spezifizieren zu können, werden die Produktions- und Entwicklungsanteile auf Basis von Expertenaussagen quantifiziert.

Parameter: Zuordnung Hersteller/Zulieferer zu Wertschöpfungsmodulen

In einem nächsten Schritt werden die Akteursgruppen den Wertschöpfungsmodulen zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt auf Basis der heute von den jeweiligen

¹⁹ Die Abkürzungen stehen hierbei für **A**dvanced **D**river **A**ssistance **S**ystems sowie **H**ochautomatisiertes **F**ahren.

Akteursgruppen (Zulieferer, Hersteller) besetzten Marktrollen bzw. einer qualitativen Bewertung der künftig zu erwarteten Zuordnung.

Parameter: Bestimmung der Wertanteile der Wertschöpfungsmodule am Gesamtsystem

Um die Relevanz der einzelnen Wertschöpfungsmodule zu ermitteln werden die Nettopreise der betrachteten Systeme auf Wertanteile einzelner Wertschöpfungsmodule aufgeteilt. Dies erfolgt auf Basis von Expertenaussagen sowie Einzelnachweisen aus der Literatur.

Parameter: Marktanteile Hersteller/Zulieferer (regional differenziert / bezogen auf Wertschöpfungsmodule)

Analog zum Vorgehen bei der Marktanalyse wird der Anteil deutscher Hersteller und des Standorts Deutschland am globalen Pkw-Absatz und am Absatz von Premium- und Oberklassefahrzeugen ermittelt. Hierfür werden die Gesamtproduktion der deutschen Hersteller sowie der regional differenzierte Auslandsabsatz und der Inlandsabsatz deutscher Hersteller ermittelt. Beim Auslandsabsatz wird zwischen direktem Auslandsabsatz und Exporten aus Deutschland, beim Inlandsabsatz zwischen direktem Inlandsabsatz und Importen aus Auslandsfertigung unterschieden. Im Ergebnis kann für jede Region differenziert werden, welchen Anteil Fahrzeuge deutscher Hersteller aus Inlandsproduktion und welchen Anteil Fahrzeuge deutscher Hersteller aus Auslandsproduktion haben.

Grundlage hierfür sind Daten des VDA, Daten aus Geschäftsberichten, Daten von internationalen statistischen Einrichtungen sowie Daten des Statistischen Bundesamtes. Mit der Differenzierung zwischen den beiden Kategorien Inlands- und Auslandsproduktion deutscher Hersteller gehen unterschiedliche Wertschöpfungsanteile an den Prozessen einher, die durch die Automobilhersteller bearbeitet werden.

Zur Unterscheidung der deutschen Wertschöpfung eines deutschen Herstellers an der Herstellung eines Fahrzeugs an einem internationalen Standort im Vergleich zur Herstellung an einem deutschen Standort wird die heutige Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverteilung zwischen Endmontage und sonstiger Produktion und Entwicklung der deutschen Hersteller herangezogen.

Daraufhin werden die regional aufgelösten Marktanteile deutscher Hersteller und Tier1-Zulieferer an den ADAS ermittelt. Hierfür werden die verfügbaren Marktforschungsstudien sowie Expertenaussagen zugrunde gelegt.

Bei der beschriebenen Top-Down-Systematik ist die Gruppe der ausländischen Zulieferunternehmen mit Standorten in Deutschland (z.B. Valeo) nicht berücksichtigt. Auf Basis eines Vergleichs der Beschäftigungszahlen der größten deutschen für ADAS /HAF relevanten Zulieferer am Standort Deutschland mit den größten ausländischen für ADAS / Haf relevanten Zulieferern am Standort Deutschland wird die zusätzliche Wertschöpfung der ausländischen Zulieferer abgeschätzt.

Parameter: Standortanteile der deutschen Akteure je Wertschöpfungsmodul

Die Standortanteile der für die Erbringung der jeweiligen Leistungen der deutschen Unternehmen relevanten Beschäftigten werden differenziert nach Hersteller und Zulieferer sowie nach den Bereichen Produktion und Entwicklung ermittelt. Hierzu werden neben Geschäftsberichten und Presseinformationen insbesondere direkte Unternehmensangaben (Primärquellen) verwendet.

Parameter: Leistungstiefe und Importanteile je Wertschöpfungsmodul

Im letzten Schritt werden die modulspezifischen Leistungstiefen der OEMs und Zulieferer²⁰ sowie die darin erwarteten Importanteile an der Inlandsproduktion und -entwicklung ausgewiesen. Die Vorleistungen aus dem Inland für die Auslandsproduktion und -entwicklung werden hiervon separiert ermittelt. Zur Bewertung der Vorleistungen aus dem Inland werden wertschöpfungsmodulspezifisch die branchenüblichen Werte der jeweiligen Referenzindustrie (bspw. Automobil-Elektronik oder IT-Industrie) herangezogen. Zur Bewertung des Anteils der Vorleistungen aus dem Ausland wird wertschöpfungsmodulspezifisch die durchschnittliche Importquote der jeweiligen Referenzindustrien herangezogen. Grundlage hierfür sind die Input-Output-Tabellen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts.

Output 1 des Modells: Im Ergebnis lässt sich die **Wertschöpfung von NACE29-Unternehmen** in Deutschland bezogen auf die Absatzregion und die jeweiligen ADAS/HAF-Systeme oder bezogen auf das Wertschöpfungsmodul ausweisen.

Die Wertschöpfungsaussagen im Rahmen dieses Gutachtens beziehen sich auf ein Referenzszenario. Um die Komplexität zu reduzieren wurden keine unterschiedlichen Szenarien bzw. Bandbreiten in die Berechnung einbezogen.

Parameter Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem

Um aus den jeweiligen Wertschöpfungswerten die Beschäftigung errechnen zu können, bedarf es einer Aussage zur Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem in der Automobilindustrie. Hierzu werden die Werte des Jahres 2014 des Statistischen Bundesamts zugrunde gelegt. Sollten die Werte nicht für das Jahr 2014 verfügbar sein, werden Vergangenheitsdaten auf das Jahr 2014 hochgerechnet. Zur Ermittlung der künftigen Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem werden die durchschnittlichen Produktivitätszuwächse der Vergangenheit zugrunde gelegt.

Output 2 des Modells: Anzahl der mit der Wertschöpfung der betrachteten Systeme einhergehenden **Beschäftigten bei NACE29²¹-Unternehmen**.

Parameter Beschäftigungsmultiplikator der Automobilindustrie

Beschäftigte in der Automobilindustrie (NACE29) implizieren statistisch weitere Beschäftigte in anderen Branchen bzw. bei Unternehmen, die Vorleistungen für die Automobilindustrie erbringen. Der Multiplikator gibt den Faktor an, um den die Beschäftigungswirkung der Automobilindustrie höher ist, als durch eine reine Betrachtung der Beschäftigung der Automobilindustrie anzunehmen ist. Dieser Multiplikator wird auf Basis der Literatur bestimmt und an die Leistungstiefe/Vorleistungsrelation bei ADAS und HAF angepasst.

Output 3 des Modells: Induzierte Beschäftigung in Deutschland außerhalb der Automobilindustrie.

Abbildung 4 zeigt die dargestellte Vorgehensweise bei der Wertschöpfungsbewertung ausgehend von vorab ermittelten Marktvolumina und Marktpreisen.

²⁰ Bei der Bewertung der Wertschöpfungstiefe werden Unterschiede bei den Entwicklungsanteilen einzelner Wertschöpfungsmodule in die Betrachtung einbezogen.

²¹ Als NACE 29 ist der Wirtschaftszweig „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen.“

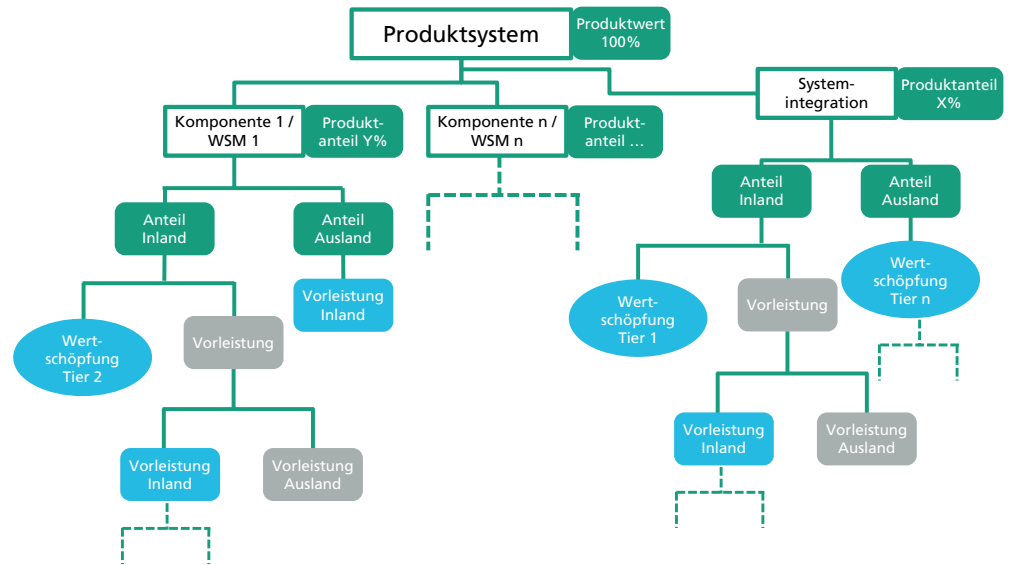


Abbildung 4: Strukturierung der Wertschöpfungslandschaft²²

Neben dem beschriebenen Wertschöpfungsmodell werden mögliche alternative Fahrzeugkonzepte anhand des Konzepts disruptiver Technologien dahingehend bewertet, ob völlig neue Wertschöpfungsstrukturen denkbar sind. Diese Betrachtung stellt ein „Alternativszenario“ zum oben beschriebenen Ansatz dar (vgl. Kapitel 7.5, 7.6).

²² Eigene Darstellung; WSM: Wertschöpfungsmodul

3 Marktanalyse und Wertschöpfungsbewertung: Ausgangssituation

3.1 Beschreibung und Produktstrukturierung der betrachteten Systeme

3.1.1 Einleitung: Der Übergang von ADAS zu HAF

Die notwendigen technologischen Schritte hin zum hoch- und später vollautomatisierten Fahren haben mit der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen begonnen. Heute verfügbare fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme (ADAS) weiten ihr Funktionsspektrum stetig aus und werden in den nächsten Jahren sukzessive in Richtung einer multidirektionalen Fahrzeugführung fortentwickelt. Durch die Kombination von einzelnen Assistenzsystemen lassen sich bereits heute teilautomatisierte Funktionen abbilden. So lässt sich bspw. durch Kombination von aktiver Spurhaltung und Abstandsregeltempomat ein einfacher Folgeautomat realisieren.

Im Rahmen der Studie wurden diejenigen ADAS betrachtet, die eine funktionale Voraussetzung für HAF sind:

- Adaptive Geschwindigkeitsregelung (engl. Adaptive Cruise Control, ACC)
- Frontkollisionsschutz (engl. Forward Collision Warning, FCW)
- Spurhalteassistent (engl. Lane Departure Warning / Keeping, LDW)
- Spurwechselassistent (engl. Blind Spot Detection, BSD)
- Fahrerzustandserkennung (engl. Driver Monitoring, DM)
- Verkehrszeichenerkennung (engl. Traffic Sign Recognition, TSR)

Konnektivitätsbasierte Services: Die Dienstleistungen spielen für die eigentliche Fahrfunktion keine direkte Rolle, werden jedoch relevant, wenn man die gewonnene Zeit für fahrfremde Tätigkeiten beachtet. Speziell falls diese gesetzlich auf Fahrzeuginterne Funktionen beschränkt wären, würde sich hierbei eine Differenzierungsmöglichkeit für die Hersteller ergeben.

Nicht betrachtet werden für das Anwendungsfeld Autobahn nicht anwendbare oder nachrangige Systeme wie Lichtregelung / Nachtsichtassistenten, Systeme zur Fußgänger- oder Ampelerkennung oder Parkassistentensysteme. Hochautomatisiertes Fahren setzt eine Reihe von Fahrzeugstabilisierungssystemen („Assistenzsysteme auf Fahrzeugebene“) voraus oder wird durch diese unterstützt. Hierzu zählen das Antiblockiersystem (ABS), die Antriebsschlupfregelung (ASR), die Motor-Schleppmomentregelung (MSR), das Elektronische Fahrstabilitäts-Regelsystem EVSC (Electronic Vehicle Stability Control), der Bremsassistent sowie die Kurvenbremskontrolle Cornering Brake Control (CBC). Da die wesentlichen Systeme wie ABS und EVSC in den Leitmärkten bereits zur Serienausstattung aller Neuwagen gehören sind sie im Rahmen der Wertschöpfungsbewertung nicht weiter zu betrachten, da ihre Wertschöpfung nicht durch ADAS oder Hochautomatisierung induziert bzw. verändert wird.

Aufbauend auf der Beschreibung der ADAS wird nachfolgend das HAF-System beschrieben und strukturiert.

3.1.2 ADAS-Systembeschreibung und Produktstrukturierung

3.1.2.1 Adaptive Geschwindigkeitsregelung (Adaptive Cruise Control, ACC)

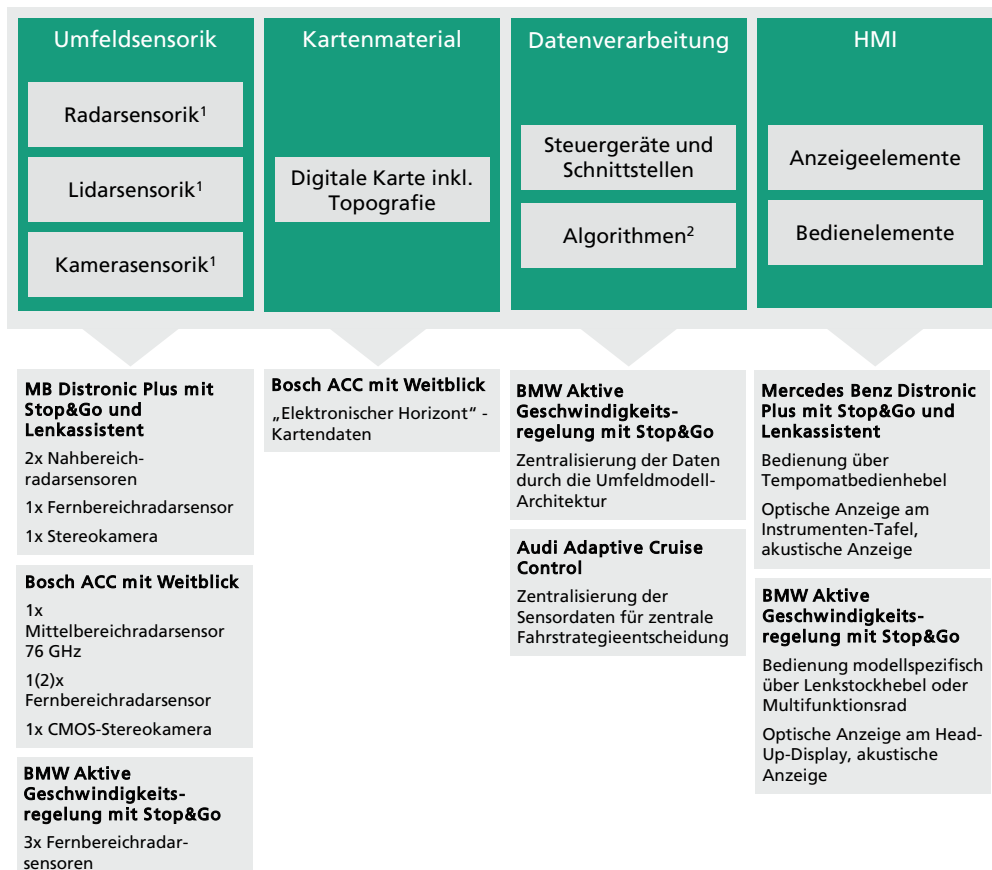
Systembeschreibung

ACC bezeichnet ein System zur Fahrgeschwindigkeitsregelung, mit dem die Wunschgeschwindigkeit an die aktuelle Verkehrssituation angepasst wird. Dabei orientiert sich das System am jeweilig vorausfahrenden Fahrzeug und hält einen programmierten Mindestabstand (in Metern oder Sekunden) zu diesem ein. ACC basiert auf einer Geschwindigkeitsregelanlage („Tempomat“) und einer Abstandshaltefunktion. Fährt das vorausfahrende Fahrzeug mit einer geringeren Geschwindigkeit als der vom Fahrer eingegebenen Wunschgeschwindigkeit, so wird, ggf. unter Einsatz der Bremse, das Fahrzeug auf die gleiche Geschwindigkeit heruntergeregelt. Beschleunigt das vorausfahrende Fahrzeug oder verlässt dieses den Fahrkorridor und wird gleichzeitig kein neues Zielobjekt identifiziert, passt das System die eigene Geschwindigkeit nach oben an – bis zur Höhe der eingestellten Sollgeschwindigkeit. ACC regelt die Geschwindigkeit „weich“ und ist daher grundsätzlich kein kollisionsvermeidendes System, d.h. der Fahrer muss eingreifen. Zudem erfasst das System weder stillstehende Gegenstände, Menschen und Tiere, noch kleine Fahrzeuge wie Motor- und Fahrräder. Das System kann das Fahrzeug nur in Stausituationen oder im langsamen Verkehr zum vollständigen Halt bringen. Bremsst das vordere Fahrzeug jedoch stark ab, wird der Fahrer gewarnt und bei einer Betätigung der Bremse ggf. die Bremskraft verstärkt. Je nach Hersteller und Getriebeausstattung²³ kann die Funktion von 0 bzw. 30 bis zu über 200km/h genutzt werden. ACC-Systeme werden heute von allen großen Herstellern angeboten. Wichtigste Ausbaustufe innerhalb der Längsregelung ist die Verbindung von ACC und Kollisionsschutzsystemen bzw. Notbremsassistenten. Dadurch regelt das System nicht nur Abstand und Geschwindigkeit, sondern wirkt auch kollisionsvermeidend (Frost & Sullivan 2013, S. 19; Frost & Sullivan 2014a; Volkswagen 2015a; Volvo Cars 2015b; Winner/Danner/Steinle 2012, S. 478f.).

Produktstrukturierung

Das Fahrerassistenzsystem adaptive Geschwindigkeitsregelung (Adaptive Cruise Control, ACC) wird in seiner einfachsten Ausführung durch die sensorische Erfassung des vorausfahrenden Fahrzeugs ermöglicht. ACC-Systeme messen den Abstand und die Relativgeschwindigkeit zu voraus fahrenden Fahrzeugen in der Regel mit nach vorne gerichteten Radar- oder Lidarsensoren. (Winner/Schopper 2015, S. 852f.) Erweiterte Varianten des ACCs nutzen Mono- oder Stereokameras sowie elektronische Straßenkarten, um Informationen über das Geschehen auf den benachbarten Fahrspuren, respektive einem fernerem Bereich zu gewinnen. Diese verschiedenen Verkehrsaufnahmen werden mittels Sensordatenfusion aggregiert. (Bosch 2015a; b) Steuergeräte empfangen diese Informationen und verwandeln sie in Beschleunigungs- oder Bremsbefehle. Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Gestaltung der Umfeldsensorik hinsichtlich der eingesetzten Technologie, der Anzahl eingesetzter Sensoren sowie der unterschiedlichen Layouts zur Anordnung der Steuergeräte. Es gibt keine für alle Hersteller repräsentative Produktkonfiguration. Um die am Markt verfügbaren ACC-Systeme abzubilden, wird daher in Abbildung 5 eine mit herstellerspezifischen Beispielen ergänzte generische Konfiguration des ACCs vorgestellt.

²³ In Verbindung mit einem Automatikgetriebe bremsst „ACC“ das Fahrzeug, auch bis zum völligen Stillstand ab.



¹ Je nach konkreter Systemausgestaltung werden unterschiedliche Sensorikkomponenten verwendet.

² Für die Algorithmen sind nachfolgende Parameter relevant (Auszug): Abstandsstufen zum vorausfahrenden Fahrzeug, Mindestgeschwindigkeit des Egofahrzeugs für eine Funktionsaktivierung, Gradient und maximale Amplitude der autonomen Bremsverzögerung, Schwellenwert für laterale Überschneidung, ab dem ein in den Fahrkorridor einscheresendes Fahrzeug zu einem Abbremsvorgang führt, Mindestgeschwindigkeit (absolut) des Fremdfahrzeugs für eine Detektion als Hindernis

Abbildung 5: Generische Konfiguration eines ACC-Systems²⁴

3.1.2.2 Kollisionsschutzsysteme mit Notbremsassistent

Systembeschreibung

Als Kollisionsschutz- und Bremsassistentensysteme bezeichnet man Fahrerassistenzsysteme, die versuchen informativ, unterstützend oder automatisiert eine Kollision des Fahrzeugs mit Verkehrsteilnehmern oder ruhenden Hindernissen abzuschwächen oder ganz zu vermeiden. Es sind Systeme mit verschiedenen Ausprägungen am Markt, welche sich unter anderem in ihrem Eingriff in die Bremsaktoren unterscheiden. Einheitlich ist die erste Phase des Aktivwerdens; sobald das System erkennt, dass die Annäherungsgeschwindigkeit auf ein Hindernis zu hoch ist, wird der Fahrer visuell oder akustisch Warnung gewarnt. Einige Systeme befüllen gleichzeitig die Bremsanlage vor, oder legen die Bremsbeläge an (Audi 2015b; Volkswagen 2015e). Erfolgt keine Fahrerreaktion, wird zum Teil versucht durch einen Bremsruck die Aufmerksamkeit des Fahrers auf die Situation zu lenken. Bleibt diese weiterhin aus, reagieren einige Systeme mit einer automatischen Teilbremsung mit

²⁴ Eigene Darstellung auf Basis von Altinger/et al. 2013, S. 29; BMW 2015a; Bosch 2015a,b; Daimler 2015c; S.5; Schöttle 2011, S. 12ff.; Winner/Schopper 2015, S. 852-861

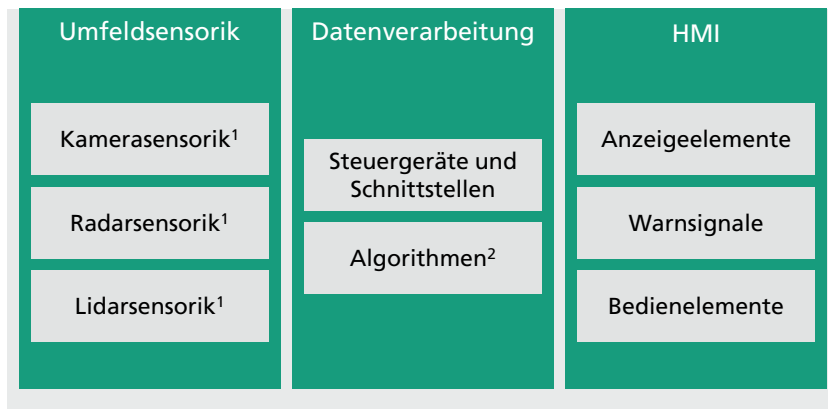
einer Bremsleistung zwischen 30% und 60% der maximalen Verzögerung. Das Ansprechverhalten des Bremsassistenten wird außerdem sensibilisiert, wodurch bei einer Betätigung des Bremspedals der Bremsdruck so verstärkt wird, dass der nötige Bremsdruck rechtzeitig aufgebaut wird. Auch bei einer zu zaghaften Betätigung durch den Fahrer kann so eine mögliche Kollision vermieden werden. Vereinzelt gehört auch eine automatische Vollverzögerung zum Funktionsspektrum.

Zur Steigerung der passiven Sicherheit der Fahrzeuginsassen wird außerdem vereinzelt ein reversibler Gurtstraffer eingesetzt und die Seitenscheiben werden geschlossen. Die oben beschriebenen Eingriffsstufen sind bei den meisten Systemen erst oberhalb einer gewissen Mindestgeschwindigkeit aktiv, außerdem wird auf erkannte ruhende Hindernisse, wenn überhaupt, nur mit einer geringen Teilverzögerung reagiert. Bei Geschwindigkeiten unterhalb von 30 km/h kann auf stillstehende Hindernisse bei einigen Systemen jedoch durch eine Vollverzögerung reagiert werden, um Auffahrunfälle zu vermeiden (Volkswagen 2015b).

Produktstrukturierung

Kollisionsschutz- und Bremsassistentensysteme dienen, abhängig von der Systemausprägung, der Unfallwarnung, -verhinderung und/oder der Kollisionsschwereminderung (Reschka/Rieken/Maurer 2015, S. 915). Daraus ergeben sich unterschiedliche Systemkonfigurationen mit verschiedenen Technologien zur Erfassung der Fahrzeugumgebung. Die Systeme weisen teilweise komplexe Verbindungen zu anderen Systemen im Fahrzeug auf. Einfache Warnungssysteme bestehen hauptsächlich aus einer, oft radarbasierten, Umfeldsensorik und Anzeigeelementen, welche den Fahrer vor einer kritischen Situation warnen (Winner 2015a, S. 894). Vermehrt kommen andere Technologien zur Erfassung der Verkehrsszene zum Einsatz, insbesondere Kamerasysteme, die sogar drohende Kollisionen im Querverkehr aufnehmen können. In der Regel erfolgen die Anzeigen durch optische und akustische Elemente. Haptische Anzeigen wie zum Beispiel ein Warnbremsruck oder ein Rucken des Sicherheitsgurtes durch den Gurtstraffer sind ebenfalls auf dem Automobilmarkt verfügbar (Euro NCAP 2010). Darüber hinaus kann das Kollisionsschutzsystem durch die Verbindung mit den adaptiven Bremsleuchten und der Warnblinkanlage andere Verkehrsteilnehmer vor Gefahren warnen (Daimler 2015b).

Kollisionsschutzsysteme mit Bremsunterstützung setzen eine Vernetzung mit der Fahrzeugaktuatorik voraus. Es gibt zum einen Systeme, welche das Bremsmanöver vorkonditionieren und dann verstärken sobald der Fahrer das Bremspedal betätigt und zum anderen Systeme, die eine partielle Bremsung bis hin zu einer Vollbremsung selbstständig durchführen können. Abbildung 6 stellt eine generische Konfiguration des Kollisionsschutzsystems (inkl. Notbremsassistenten) dar.



Mercedes Benz COLLISION PREVENTION ASSIST

Mittelbereichradarsensor
MB PRE SAFE und Bremsassistent BAS PLUS + Kreuzungs-Assistent
 1x Fernbereichradarsensor
 2x Nahbereichradarsensor
 1x Stereokamera

Audi pre sense front

2x nach vorne gerichtete Radarsensoren
 1x Monovideo-Kamera

VW Front Assist

Nach vorne gerichtete Radar- oder Lidarsensorik (fahrzeugabhängig)

Audi pre sense front

Anbindung ans Bremssystem für folgende Funktionen:
 Vorbefüllung der Bremsanlage, autonome Teil- und Vollverzögerung
 Optional: Verbindung mit aktivem Luftfeder-Fahrwerk zur Dämpferstraffung

VW Front Assist

Anbindung ans Bremssystem für folgende Funktionen:
 Anlegen der Bremsbeläge, Sensibilisierung des Bremsassistenten für Zielbremsfunktion (d.h. Bremsdruck wird so verstärkt, dass Kollision gerade vermieden wird), autonome Teilbremsung

Audi pre sense front

Phase 1: Visuelle und akustische Warnung
 Phase 2: adaptives Bremslicht, Bremsruck, Gurtlosereduzierung
 Phase 3: Fenster und Dach verschließen
 Phase 4: reversibler Gurtstraffer

VW Front Assist

Phase 1: Visuelle und akustische Warnung
 Phase 2: Bremsruck, adaptives Bremslicht

¹ Je nach konkreter Systemausgestaltung werden unterschiedliche Sensorikkomponenten verwendet.

² Für die Algorithmen sind nachfolgende Parameter relevant (Auszug): Schwellenwert für die Zeit bis zum potentiellen Aufprall, ab dem Warnung/Bremsung eingeleitet wird, Gradient und maximale Amplitude der autonomen Bremsverzögerung, Mindestgeschwindigkeit (absolut) des Fremdfahrzeugs für eine Detektion als Hindernis

Abbildung 6: Generische Konfiguration eines Kollisionsschutzsystems²⁵

3.1.2.3 Spurhalteassistent

Systembeschreibung

Ein Spurhalteassistent bezeichnet ein System, welches den Fahrer dabei unterstützt seine aktuell befahrene Fahrspur zu halten. Dazu erkennt das System die Fahrbahnmarkierungen und ermittelt die relative Position zur Fahrstreifenmitte bzw. den Abstand zur Fahrbahnbegrenzung und ermittelt anhand der prädizierten Fahrzeugbewegung und der Fahreraktivität, ob das Fahrzeug im Begriff ist, die Spur unbeabsichtigt zu verlassen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen passiven Systemen, welche den Fahrer ausschließlich mithilfe von akustischen, visuellen und haptischen Signalen warnen, und aktiven Spurhalteassistenten. Letztere greifen direkt in die

²⁵ Eigene Darstellung auf Basis von Daimler 2015i; BMW 2015d; Volkswagen 2015g

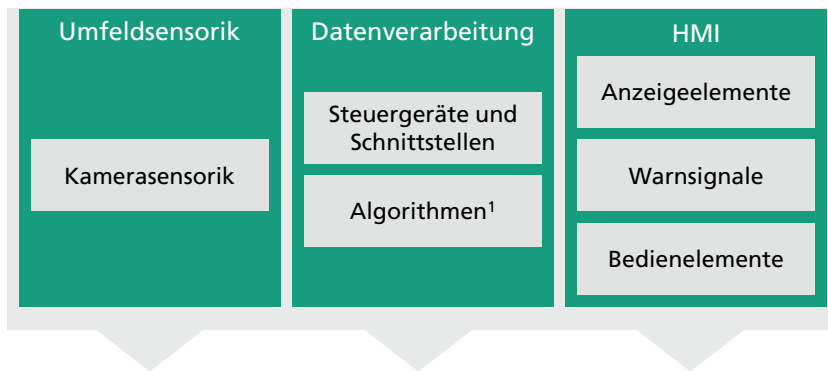
Querführung des Fahrzeugs ein und verhindern aktiv ein versehentliches Verlassen, indem korrigierende Lenkmomente bzw. Bremsmomente erzeugt werden, um das Fahrzeug zurück in die Mitte der Fahrbahn zu führen (Bartels 2015, S. 940). Das dabei erzeugte Lenkmoment kann jedoch vom Fahrer jederzeit übersteuert werden. Erkennt das System z.B. an der Betätigung des Blinkers oder einer gezielten Lenkbewegung, dass der Fahrer die Spur bewusst verlassen möchte, erfolgen keine Eingriffe. Da es sich um eine teilautomatisierte Assistenzfunktion handelt, überprüft das System außerdem, ob der Fahrer die Hände am Lenkrad hat. Ist dies nicht der Fall, schaltet sich das System ab (Audi 2015a).

Produktstrukturierung

Systeme zur Einhaltung der Fahrspur nutzen zur Erkennung der Fahrmarkierungen eine Kamera an der Windschutzscheibe im Bereich des Innenspiegels. Aus der Bildinformation identifiziert ein Bildverarbeitungsalgorithmus die Fahrspurmarkierungen (Bartels et al. 2015, S. 941; Brüninglinghaus 2010; Volkswagen 2015c). Anhand dieser Information und dem Wissen über das dynamische Verhalten des Fahrzeugs und die Aktivität des Fahrers bestimmt eine Entscheidungseinheit die Warn- bzw. Handlungsmaßnahmen. Das System benötigt dazu auch Sensoren und Anzeigeelemente im Innenraum, um das Lenkverhalten des Fahrers zu überwachen und diesen bei Bedarf dazu aufzufordern, seine Hände ans Lenkrad zu bringen (Audi 2015a; Volkswagen 2015c). Wird ein Verlassen der Spur durch den Assistenten registriert, so kommuniziert dieser mit dem Fahrer in der Regel mittels einer haptischen Warnung in Form einer Lenkradvibration, wobei auch optische und akustische Anzeigen zum Einsatz kommen. Fehlinterpretationen durch den Spurhalteassistenten, zum Beispiel beim Einfahren auf die Autobahn, können vermieden werden, indem Informationen über das Fahrerverhalten und aus der Fahrdynamiksensorik in einer Zustandsmaschine fusioniert werden, um eine Prädiktion über das absichtliche Überqueren der Fahrbahnen zu erzeugen (Bartels et al. 2015, S. 943; Daimler 2015e).

Neben der eigentlichen Warnung an den Fahrer, dass das Fahrzeug die Fahrspur nicht einhält, können aktive Spurhalteassistenten Korrekturmaßnahmen einleiten. Dies setzt voraus, dass die Steuergeräte des Assistenten über Verbindungen zum ESP bzw. zur elektromechanischen Lenkung verfügen (Audi 2015a; Brüninglinghaus 2010; Daimler 2015e; Walter 2012, S. 545).

In Abbildung 7 wird die Referenzkonfiguration eines Spurhalteassistenten schematisch dargestellt.



Mercedes Benz Spurhalte-Assistent

1x nach vorne gerichtete Kamera an der Innenseite der Windschutzscheibe

Mercedes Benz Spurhalte-Assistent

Verbindung zum ESP, um korrigierende Lenkmomente zu erzeugen

Mercedes Benz Spurhalte-Assistent

Haptische Anzeige durch Lenkradvibration

Optische Anzeige durch Display im Kombi-Instrument

Volkswagen Lane Assist

1x Kamera im Innenspiegel

Volkswagen Lane Assist

System fordert Übernahme vom Fahrer

Fahrerüberwachung zur Bestimmung eines absichtlichen /unabsichtlichen Verlassen der Fahrspur

Audi Active Lane Assist

1x Monovideokamera zur Erfassung von bis zu 8 Linientypen und -farben (gelb, weiß)

Audi Active Lane Assist

Verbindung zur elektromechanischen Lenkung zur Durchführung von korrigierenden Lenkmomente

Volkswagen Lane Assist

Haptische Anzeige durch Lenkradvibration

Fahrerüberwachung zur Ermittlung fehlender Lenkkontrolle durch den Fahrer mit anschließender akustischen Anzeige und optischen Anzeige im Kombi-Instrument

¹ Für die Algorithmen sind nachfolgende Parameter relevant (Auszug): Schwellenwert (in cm) für laterales Überfahren der Spurmarkierung bis zur Auslösung einer Warnung, Schwellenwert (in s) für die minimale Zeit außerhalb der vorgesehenen Fahrspur bis zur Auslösung einer Warnung, Parametrierung des aufgeprägten Lenkmoments in Abhängigkeit von z.B. lateraler Geschwindigkeit und Kurvenkrümmung

Audi Active Lane Assist

Haptische Anzeige durch Lenkradvibration

Fahrerüberwachung zur Ermittlung fehlender Lenkkontrolle. Aufforderung zum Anfassen des Lenkrads

Abbildung 7: Generische Konfiguration eines Spurhalteassistenten²⁶

3.1.2.4 Spurwechselassistent mit Totwinkel-Assistent

Systembeschreibung

Eine unzureichende Umfeldbeobachtung beim Spurwechsel stellt ein erhebliches Gefahrenpotenzial dar. Beispiele hierfür sind Kollisionen mit zu schnell auffahrenden Fahrzeugen sowie Unfälle, die durch ein Übersehen von Objekten im toten Winkel resultieren (Bartels/Meinecke/Steinmeyer 2015, S. 960). Spurwechselassistenten unterstützen den Fahrer beim Wechsel der Fahrspur, um entsprechende Situationen zu vermeiden. Dazu wird dem Fahrer über ein leuchtendes Warnsymbol im betreffenden

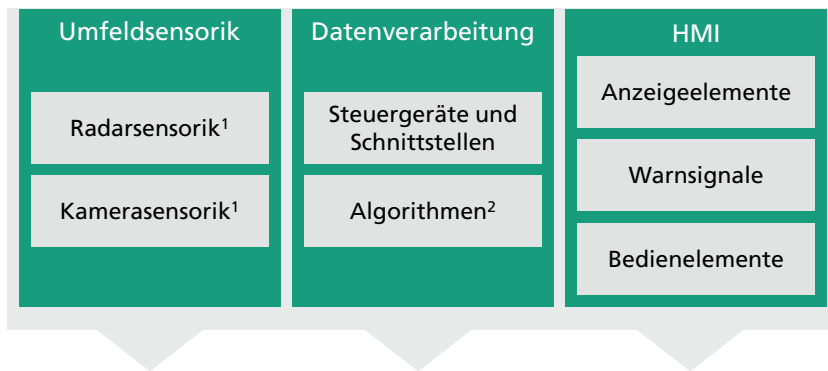
²⁶ Eigene Darstellung auf Basis von Audi 2015a; Audi 2015d; Audi 2015e; Bartels et al. 2015, S. 944; Brüninghaus 2010; Daimler 2015e; Volkswagen 2015c.

Außenspiegel über Fahrzeuge auf der benachbarten Spur oder sich von hinten schnell annähernde Fahrzeuge informiert (Audi 2015c). Setzt der Fahrer dennoch den Blinker und kündigt dadurch ein Spurwechselmanöver an, verstärkt sich die Warnung, was sich durch ein blinkendes Warnsymbol im Außenspiegel und bei einigen Systemausführungen durch eine Vibration am Lenkrad oder einen Warnton äußert (ADAC 2012). Bei aktuellen Generationen kann bei Missachtung der Warnungen durch gezielte automatische Bremsenriffe des Systems die Unfallvermeidung verbessert werden (Daimler 2015a).

Produktstrukturierung

Ein Spurwechselassistent benötigt eine umfassende Sensorik, welche Informationen über sich annähernde Objekte hinter dem Fahrzeug auf den benachbarten Fahrbahnen und auch im toten Winkel, links und rechts, liefert. Radarsensoren erfüllen diese Anforderungen weitgehend. Ultraschall- und kamerabasierte Systeme werden vor allem für die Totwinkel-Detektion eingesetzt (Bartels/Meinecke/Steinmeyer 2015, S. 964). Je nach Hersteller kann die Anzahl und genaue Lage der Radarsensorik variieren, jedoch scheint sich die Positionierung der Sensoren am hinteren Stoßfänger, auf der linken oder auf der rechten Seite, zu etablieren. Als Anzeigeelemente werden oft Leuchten im Bereich des Außenspiegels oder der A-Säule eingesetzt. Diese variieren hinsichtlich der Ausprägungen von Farbe, Leuchtintervall sowie der Helligkeit je nach Warnungs- bzw. Informationsstufe (Audi 2015c; Brüninglinghaus 2010; Daimler 2015a; Volkswagen 2015d).

Die Systeme werden danach differenziert, ob sie lediglich Informationen über die mögliche Gefährdung bereitstellen (passive Systeme) oder ob sie in der Lage sind, automatisierte Bremsenriffe einzuleiten, um das Fahrzeug auf die ursprüngliche Fahrbahn zurückzuführen (aktive Systeme). Hierfür ist eine Kommunikation zwischen dem Spurwechselassistenten und der Fahrzeugaktuatorik erforderlich. Darüber hinaus muss erweiterte Sensorik, wie z.B. eine Kamera, eingesetzt werden, um die Fahrbahnmarkierungen zu erkennen (Bartels/Meinecke/Steinmeyer 2015, S. 972; Daimler 2015a). Durch den serienmäßig verbauten Lenkwinkelsensor kann die Fahrerintention hinsichtlich des Spurwechsels beurteilt werden. In vielen aktuellen Fahrzeugmodellen deutscher Hersteller werden bereits aktive Systeme eingesetzt. In Abbildung 8 ist ein generisches Modell eines Spurwechselassistenten dargestellt.



Mercedes Benz Spurwechsel-Assistent mit aktivem Totwinkel-Assistent

2x Radarsensoren am hinteren Stoßfänger
 Fernbereichsradarsensorik zur Erfassung des Gegenverkehrs
 Nahbereichsradarsensorik zur Erfassung des parallelen Verkehrs
 1x Kamera zur Erkennung von Spurwechselmanövern

Volkswagen Side Assist

2x Radarsensoren am hinteren Stoßfänger zur Erfassung des Verkehrs im hinteren Bereich und im toten Winkel

Audi Side Assist

2x Radarsensoren am hinteren Stoßfänger

Mercedes Benz Spurwechsel-Assistent mit aktivem Totwinkel-Assistent

Verbindung zum ESP, um korrigierende Bremsingriffe einzuleiten

Volkswagen Side Assist

Keine aktive Unterstützung (nur warnend)

Audi Side Assist

Keine aktive Unterstützung (nur warnend)

Mercedes Benz Spurwechsel-Assistent mit aktivem Totwinkel-Assistent

Anzeigen bei Gefahr:
 Optisch: Rotes Warnsignal
 Akustisch: Warnton nach Betätigung des Blinkers trotz Warnung

Volkswagen Side Assist

Anzeige bei Gefahr:
 Optisch: Konstantes Leuchten am Außenspiegel, nach Betätigung des Blinkers blinkendes Warnsignal mit erhöhter Helligkeit

Audi Side Assist

Anzeigen bei Gefahr:
 Optisch: LED-Anzeige im Außenspiegel

¹ Je nach konkreter Systemausgestaltung werden unterschiedliche Sensorikkomponenten verwendet.

² Für die Algorithmen sind nachfolgende Parameter relevant (Auszug): Schwellwert für die Zeit bis zum potentiellen Aufprall, eines sich von hinten nähernden Fahrzeugs, Longitudinaler Mindestabstand eines Fremdfahrzeugs, vor welches eingeschert werden soll, Bei aktiven Systemen: Erzeugtes Gegensteuermoment in Abhängigkeit zum Fahrerlenkmoment

Abbildung 8: Generische Konfiguration eines Spurwechselassistenten mit Totwinkelassistent²⁷

3.1.2.5 Verkehrszeichenerkennung

Systembeschreibung

Die Verkehrszeichenerkennung ist ein System, das mittels einer Videokamera Verkehrszeichen am Straßenrand erfasst und an eine Datenverarbeitungseinheit weitergibt. Diese sucht die von der Kamera aufgezeichneten Bilder kontinuierlich nach Objekten ab, die aufgrund bestimmter Merkmale, wie bspw. der runden Form, Verkehrszeichen sein könnten. Das potenzielle Verkehrszeichen wird nach der

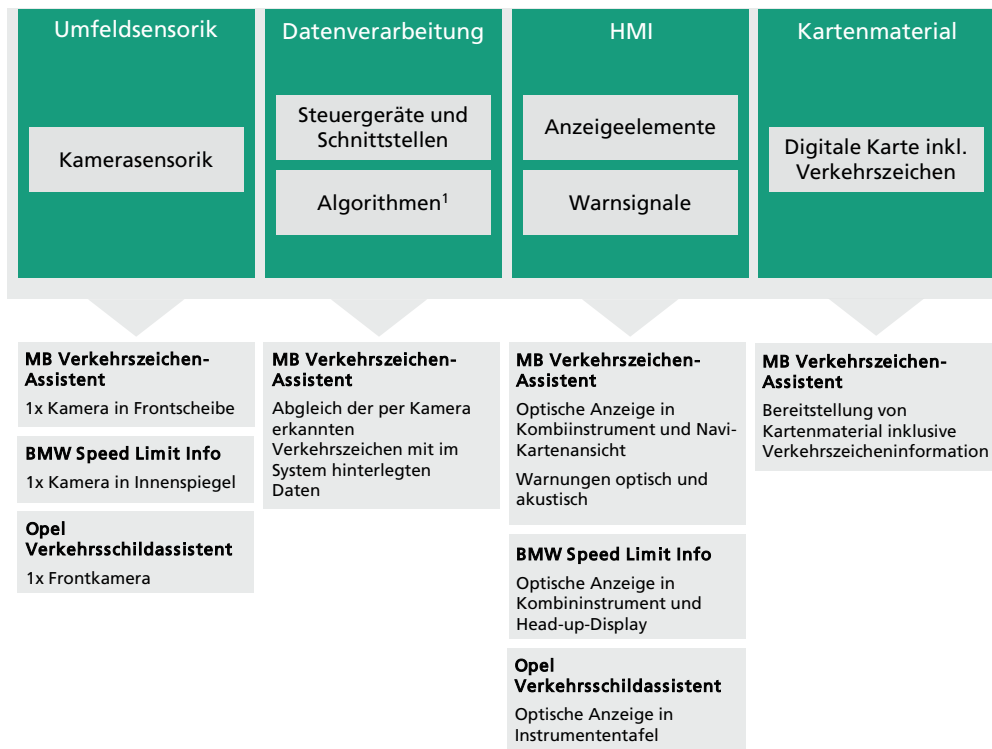
²⁷ Eigene Darstellung auf Basis von (Audi 2015c; Audi 2015d; Audi 2015e; Brüninghaus 2010; Daimler 2015a; Volkswagen 2015d).

Identifikation weiterverfolgt (Tracking), bis es nah genug für die Erfassung des Inhalts ist. Bei Übereinstimmung mit einem im System hinterlegten Verkehrszeichen erfolgt die Darstellung in Form eines Symbols in der Multifunktionsanzeige und/oder im Display des Navigationsgeräts. Die Verkehrszeichenerkennung verarbeitet drei unterschiedliche Kategorien von Information: „Erkannte Verkehrszeichen“, „Informationen des Navigationsgeräts“ und „aktuelle Fahrzeugdaten“. (Volkswagen 2015f) Der Fahrer kann optisch, haptisch und/oder akustisch gewarnt werden, wenn bspw. die Höchstgeschwindigkeit überschritten wird, ein Überholvorgang bei gültigem Überholverbot eingeleitet wird oder Stopp- bzw. Einfahrverbotsschilder überfahren werden (Knoll 2010, S. 207; Daimler 2015d). Neben den fest eingebauten Systemen gibt es für Smartphone-Besitzer auch mobile, kostenlose Lösungen für die Verkehrszeichenerkennung, die aktuell allerdings auf die Geschwindigkeitserkennung beschränkt sind. Die myDriveAssist-App von Bosch sendet die erfassten Informationen an eine Cloud, wodurch sie allen App-Nutzern zur Verfügung stehen und die Erkennungsleistung konstant verbessert wird (Bosch 2015c). Eine Ausbaustufe ist die Kopplung der Verkehrszeichenerkennung mit dem ACC. Sollte das Fahrzeug zu schnell sein, wird es entsprechend der vorgegebenen Toleranzen abgebremst. Der Fahrer kann das System jederzeit abschalten.

Produktstrukturierung

Die Verkehrszeichenerkennung kann einerseits anhand der Art der erkennbaren Verkehrsschilder strukturiert werden, also ob nur Geschwindigkeitsbegrenzungen identifiziert werden oder auch Stopp-, Einfahr- und Überholverbotsschilder (Daimler 2015d; ADAC 2015a). Andererseits können sich Verkehrszeichenerkennungssysteme durch die Art der verwendeten Daten unterscheiden. Neben den von der Kamera gelieferten Informationen und den im System hinterlegten Daten werden teilweise auch Fahrzeugdaten sowie Informationen des Navigationssystems verwendet (ADAC 2015a; Volkswagen 2015f).

In Abbildung 9 ist eine generische Konfiguration eines Verkehrszeichenerkennungssystems dargestellt.



¹ Für die Algorithmen sind nachfolgende Parameter relevant (Auszug): Schwellenwerte für den kumulierten Konfidenzwert, der erreicht sein muss, damit dem Fahrer mit ausreichender Verlässlichkeit ein Verkehrszeichen als erkannt präsentiert wird, Toleranzwert für die Ortsdiskrepanz zwischen einem mit Ortskoordinate hinterlegten Verkehrszeichen und der per Kamera erfassten Position, für einen positiven Abgleich der beiden Informationsquellen

Abbildung 9: Generische Konfiguration eines Verkehrszeichenerkennungssystems²⁸

3.1.2.6 Fahrerzustandserkennung

Systembeschreibung

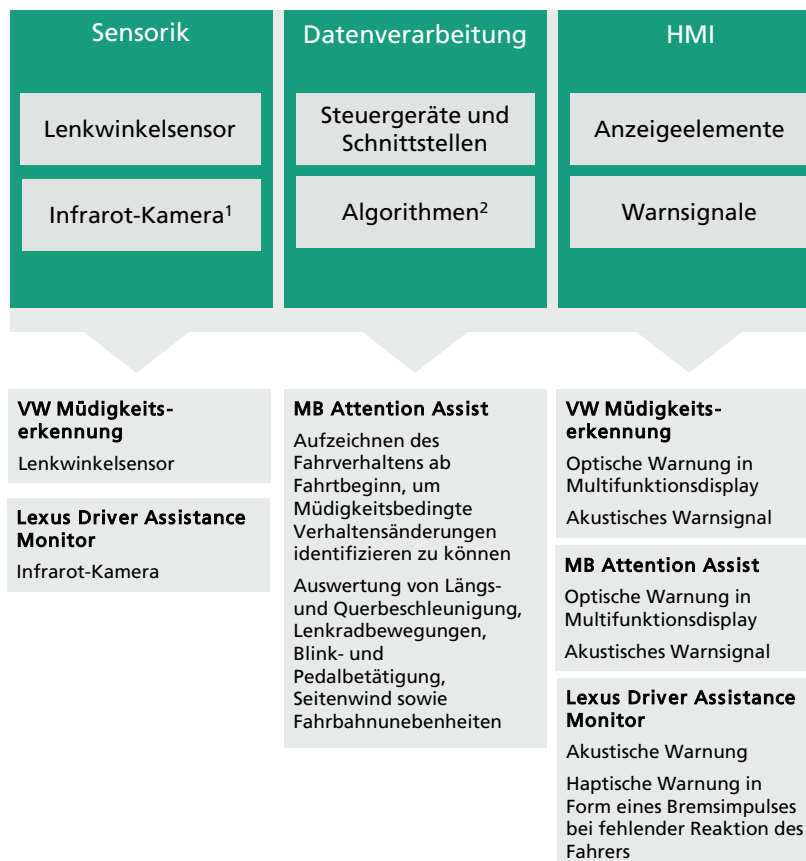
Die Fahrerzustandserkennung dient der Identifikation gefährlicher Situationen aufgrund mangelnder Aufmerksamkeit des Fahrers. Aktuelle im Markt befindliche Systeme widmen sich der Müdigkeitserkennung, da Übermüdung eine wesentliche Ursache für den Verlust der Aufmerksamkeit darstellt (Daimler 2008). Ein Müdigkeitserkennungssystem besteht aus der Aufzeichnung und der Analyse des Fahrverhaltens sowie bei Bedarf einer Warnung des Fahrers. Die Fahrverhaltensanalyse kann auf vielfältige Weise erfolgen. Neben der Auswertung von Längs- und Querschleunigung, Position innerhalb der Fahrbahn, Lenkradbewegungen sowie Blinker- und Pedalbetätigungen, können auch Infrarotsensoren oder Innenraumkameras verwendet werden, die bspw. den Lidschlag registrieren. Detektiert das System ungewöhnliches Fahrverhalten bzw. visuelle Ermüdungserscheinungen, so gibt es optische, akustische und/oder haptische Warnsignale aus (Volkswagen 2007). Einige Systeme analysieren direkt ab Fahrtbeginn die Verhaltensweisen des Fahrers, um das normale Fahrverhalten identifizieren zu können und entsprechende Abweichungen individueller und präziser zu erkennen (Daimler 2008). Gängige Systeme arbeiten ab Geschwindigkeiten von 65 km/h bzw. 80 km/h (Daimler 2008). Neben der Müdigkeit ist die Ablenkung, die kognitiver, visueller, haptischer oder akustischer Natur sein kann,

²⁸ Eigene Abbildung auf Basis von (Bosch 2015c; BMW 2015b; Daimler 2015f; Opel 2015).

die zweite Ursache für den Verlust von Aufmerksamkeit. Eine Erweiterung der reinen Müdigkeitserkennung stellt somit die Erkennung von Ablenkung des Fahrers dar.

Produktstrukturierung

Wie in Abbildung 10 zu entnehmen ist, kann ein Fahrerzustandserkennungssystem in die Bereiche Innenraumsensorik, Datenverarbeitung sowie HMI untergliedert werden. Je nach Hersteller, kommt unterschiedliche Sensorik zur Erhebung des Fahrerzustands zum Einsatz. Wird die Fahrzeugumwelt überwacht, so wird eine Frontkamera, die die Position des Fahrzeugs in der Fahrspur prüft, und/oder Seitenwindsensoren (ESP-Sensoren) genutzt. Für die Innenraumüberwachung werden in einigen Systemausführungen Infrarotkameras verwendet. Der Lenkwinkelsensor überwacht das Steuerverhalten des Fahrers und wird der Innenraumsensorik zugeordnet, ist jedoch nicht dargestellt, da er zur im Fahrzeug bereits vorhandenen Sensorik zählt. Die Verarbeitung der Sensorsignale sowie Informationen über Quer- und Längsbeschleunigung und Blink- und Pedalbetätigungen erfolgt mittels Algorithmen in einem Steuergerät. Bei identifizierten Gefahrensituationen werden Warnungen über das HMI in Form von optischen, akustischen oder haptischen Signalen ausgegeben.



¹ Je nach konkreter Systemausgestaltung werden unterschiedliche Informationen über den Fahrerzustand erhoben und ausgewertet. Entsprechend findet sich in unterschiedlichen Systemen unterschiedliche Sensorik

² Für die Algorithmen sind nachfolgende Parameter relevant (Auszug): Dauer des Fahrermodell-Trainings, Gewichtung der Einflussfaktoren, z.B. Lenkaktivität, Pedalbedienung

Abbildung 10: Generisches Fahrerzustandserkennungs-Modell²⁹

²⁹ Eigene Abbildung auf Basis von (Volkswagen 2015h; Daimler 2015j; Volvo Cars 2015c, Lexus 2015)

3.1.3 HAF-Systembeschreibung und Produktstrukturierung

Systembeschreibung

Automatisierte Fahrzeuge werden sich im Trendszenario³⁰ evolutionär entwickeln. Zunächst werden einfachere Funktionalitäten bei niedrigeren Geschwindigkeiten angeboten. Sukzessive werden dann größere Funktionsumfänge, eine höhere Anzahl an Streckenfreigaben³¹ sowie höhere Geschwindigkeiten realisiert (Experteninterview Zulieferer 5).

Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen kann in drei Funktionen unterteilt werden:

- Stau-Chauffeur
- Spurwechsel-Chauffeur
- Autobahn-Chauffeur

Der **Stau-Chauffeur** ist die Fortentwicklung des heute verfügbaren teilautomatisierten Stauassistenten. Beim Stauassistenten dient der Fahrer als Rückfallebene. Er muss das System stets überwachen und im Fehlerfall sofort eingreifen können (Bartels 2014). Ein Stau-Chauffeur ermöglicht das (hoch-)automatisierte Fahren im Stau auf Autobahnen und autobahnähnlichen Straßen z.B. bis 60 km/h. Der Fahrer kann das System aktivieren wenn eine Stausituation vorliegt bzw. langsame, vorausfahrende Fahrzeuge detektiert werden. Er muss das System im Stau jedoch nicht dauerhaft überwachen (Bartels 2014). Der Fahrer kann die automatische Staufolgefahrt jederzeit übersteuern und ausschalten. Sobald sich die Stausituation auflöst, erfolgt eine Übernahmeaufforderung an den Fahrer (Bartels 2014).

Der **Spurwechsel-Chauffeur** führt fahrerinitiiert einen automatisierten Spurwechsel durch (Lemmer, K. 2014). Es ist jedoch fraglich, ob diese Funktion als Einzelfunktion angeboten wird.

Der **Autobahn-Chauffeur** übernimmt die Längs- und Querführung und ist für einen Geschwindigkeitsbereich von 0 bis 130 km/h ausgelegt. Er kann ggf. unter Abhängigkeit einer Streckenfreigabe ab der Auffahrt auf die Autobahn bis zur Abfahrt aktiviert werden. Die Funktionsumfänge werden sich herstellerspezifisch unterscheiden. Offen ist beispielsweise inwiefern komplexe Straßensituationen wie Tunnels, Mautstellen, Baustellen und Unfälle hochautomatisiert bewältigt werden können. Offen ist zudem ob das Überholen zum Funktionsumfang gehören wird (Bartels 2014). Volkswagen geht davon aus, dass der Autobahn-Chauffeur zunächst keine Spurwechsel beinhalten wird [Leohold 2014]. Die sich heute in Entwicklung befindlichen Systeme der meisten Fahrzeughersteller sind allerdings darauf ausgerichtet, dass ein Autobahn-Chauffeur alle Verkehrssituationen vom Stop-and-Go-Verkehr bis hin zu höheren Geschwindigkeiten bewältigen kann (Marinik 2014, S. 33). Die jeweilige Verkehrsdichte kann jedoch einen Einfluss auf die benötigte Übernahmezeit des Fahrers haben. So sind Übergaben in dichtem Verkehr deutlich herausfordernder als auf freien Strecken und setzen den Fahrer stärker unter Stress (Experteninterview Forschung 1).

³⁰ Das Trendszenario beschreibt den wahrscheinlichsten Verlauf der Entwicklungen, bei dem heute bereits erkennbaren Trends fortgeschrieben werden.

³¹ Die HAF-Funktionalität wird nicht auf allen Strecken einsetzbar sein, sondern über dynamische Streckenfreigaben durch das Backend freigeschaltet“ (Experteninterview Zulieferer 2).

Ein **Autobahn-Pilot** unterscheidet sich wiederum dadurch, dass der Fahrer nicht zur Übernahme bereit sein muss. Das Fahrzeug muss somit zwingend zu Manövern fähig sein, welche das Fahrzeug in einen risikominimalen Zustand überführen (Bartels 2014). Die Funktion entspricht somit dem vollautomatisierten Fahren.

Produktstrukturierung

Der Systemteil **Umfeldsensorik** umfasst die für die Umfelderkennung notwendigen Sensoren (Kamera, Radar, Lidar und Ultraschall). Die gelisteten Sensortypen besitzen hierbei eine unterschiedliche Relevanz und unterscheiden sich in ihrer Anzahl im Fahrzeug. Für HAF-Funktionen werden auch interne Sensoren zur Bestimmung der Fahrzeugdynamik benötigt; diese sind seit der obligatorischen Integration von ESP jedoch bereits vorhanden und nicht HAF-spezifisch.

Die HAF-spezifische **Aktorik** beinhaltet eine Erweiterung bestehender Aktorikkomponenten um Bestandteile, welche zur Wahrung der funktionalen Sicherheit die nötige Redundanz gewährleisten.

Im Rahmen der **Signalverarbeitung** ist zunächst die *eingebettete Hardware/Software* zu nennen, welche an Peripherieelementen untergeordnete Rechen- und Ansteuerungsaufgaben übernimmt und diese mit den Schnittstellen zum *zentralen Bussystem* verbindet. Die eingebettete Software, welche typischerweise integriert mit der eingebetteten Hardware entwickelt wird, übernimmt dabei z.B. das Pre-Processing von Sensordaten oder die Regelung elektrischer Aktorik. Die *zentrale Recheneinheit* ist der Knotenpunkt an dem alle Informationen über Fahrzeugbewegung, Umfeld und geplante Routenführung zusammenlaufen, um darauf basierend die Entscheidung über die Fahrstrategie zu treffen. Der *Datenspeicher* zeichnet relevante Systemgrößen auf, um diese z.B. für lernende Algorithmen oder für die Auswertung nach einem Unfall verfügbar zu machen. Zudem wird bei hochautomatisierten Fahrzeugen ein Unfalldatenspeicher benötigt.

Der Systemteil **Fahrstrategie-Software** enthält die Softwarebestandteile, die auf der zentralen Recheneinheit installiert sind. Unter diesen ist die *Sensordatenfusion* für eine ganzheitliche Erfassung der Fahrzeugumgebung zuständig, indem sie die einzelnen Sensormessungen kombiniert. Die Algorithmen für die *Perzeption* übersetzen die Messgrößen der Sensoren in ein virtuelles Bild der Umgebung, während die Software zur *Kognition* für die Situationsinterpretation zuständig ist. Darauf aufbauend bestimmt die *Manöverplanung* die Fahrtrajektorie.

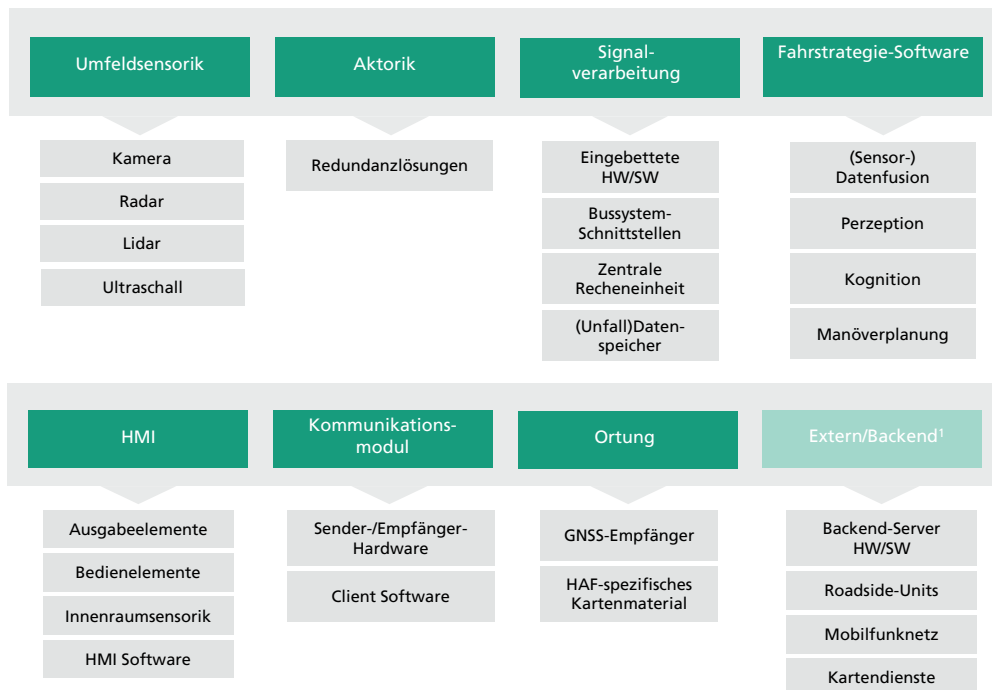
Das **HMI** gliedert sich in *Ausgabe- und Bedienelemente* sowie die *Innenraumsensorik* zur Fahrerzustandsüberwachung, und die *HMI Software*.

Das **Kommunikationsmodul** ist die fahrzeugseitige Kommunikationseinheit für Car-2-X Funktionen und teilt sich in die zugehörige Hardware und Software auf.

Unter **Ortung** sind ein *GNSS-Empfänger* zur Lokalisierung sowie die nötigen HAF-spezifischen *Karteninformationen*, welche sich durch ihren höheren Detailgrad von konventionellen Navigationskarten unterscheiden, zusammengefasst.

Der Systemteil **Extern/Backend** befindet sich außerhalb des Fahrzeugs und fasst die Backend-seitigen Komponenten zusammen. Dazu zählen die *Backend Soft- und Hardware* sowie optional aktive Infrastrukturkomponenten, sogenannte *Roadside-Units*. Außerdem werden eine Abdeckung durch *Mobilfunk* sowie die Bereitstellung von HAF-spezifischen *Kartendiensten* hinzugezählt.

In Abbildung 11 ist ein generisches Modell eines HAF-Referenzsystems dargestellt.



¹ Dieser Systembestandteil befindet sich außerhalb des Fahrzeugs

Abbildung 11: Generisches HAF-Referenzsystem

Neben der technischen System- und Produktbeschreibung kann auch die Vertriebsart des hochautomatisierten Fahrens einen erheblichen Einfluss auf die Stückzahlen und die Wertschöpfung haben. Unsicherheiten bestehen insbesondere bezüglich der Frage, ob neue Funktionen im After-Sales per Software-Update in das Fahrzeug eingespielt und überprüft werden können. Während Fahrzeuge mittlerweile eine durchschnittliche Gesamtlebensdauer von 18 Jahren aufweisen, nehmen der Automatisierungsgrad und die Anwendungsumfänge automatisierter Fahrfunktionen in den nächsten Jahren in schnellen Schritten zu. Diese Innovationen werden auch von Gebrauchtwagenkunden nachgefragt. Zudem geht mit (hoch)automatisierten Fahrfunktionen ein erheblicher Validierungs- und Absicherungsaufwand einher. Wenn die benötigten Aufwände für bestimmte Funktionen nicht vollständig bis zur Produkteinführung durchgeführt werden können, bietet es sich an, diese Funktionen später als Software-Update zur Verfügung zu stellen (Experteninterview Zulieferer 7). Hierbei vorausgesetzt wird die nötige Sensorausstattung des Fahrzeugs, da aufgrund der Sicherheits- und Absicherungsanforderungen sowie des Einbauaufwands nicht davon auszugehen ist, dass Fahrzeuge im After-Sales mit zusätzlicher Sensorik ausgestattet werden. Denkbar ist hingegen – wie von Tesla bereits umgesetzt – Funktionen per Software-Updates ins Fahrzeug zu bringen, was den vorherigen Einbau der Sensorik voraussetzt. Ähnlich wie bei heutigen Smartphones ist jedoch davon auszugehen, dass eine Hardware-Generation durchaus hinzukommende Funktionalitäten mehrerer Software-Generationen unterstützen kann. In der Smartphone-Industrie haben sich Online-Softwareupdates von Applikationen bereits bewährt. Sukzessive werden sie auch in der Automobilindustrie an Bedeutung gewinnen. Derzeit bieten bereits eine Reihe von Automobilherstellern (BMW, Hyundai, Ford, Toyota, Mercedes-Benz) (Sedgwick 2014) Over-the-Air-Updates für Navigationskarten und im Infotainmentbereich an. IHS prognostiziert, dass die meisten Automobilhersteller in den nächsten 3-5 Jahren OTA-befähigte Plattformen in ihren Fahrzeugen einsetzen werden (IHS 2015). Der Hauptvorteil von Over-The-Air-Updates sind die geringeren Kosten, da Software-Updates unter Beteiligung des Händlers für den Endkunden bedeutend teurer werden könnten. Zudem ist es zeitlich komfortabler für den Kunden, das Update selbst vorzunehmen (Juliussen 2014). Der Hersteller Tesla gilt derzeit hinsichtlich Software-Updates als Vorreiter in der Automobilindustrie und hat mit offenen Schnittstellen und

innovativen, von Dritten entwickelten Applikationen im Bereich des Fahrzeugzugriffs bereits auf sich aufmerksam gemacht. Beispiele sind der Zugriff über die Smartwatch-Sprachsteuerung sowie ein Valet-Parking- Modus, für den eine Geschwindigkeitsbegrenzung und eine Kofferraumverriegelung eingestellt ist (Experteninterview Zulieferer 7). Tesla hat zudem als bislang einziger Automobilhersteller angekündigt, Automatisierungsfunktionen für bereits im Markt befindliche Fahrzeuge per Software-Update einführen zu wollen (Tesla 2015, Experteninterview Zulieferer 7). Teslas aktuellste Software-Version beinhaltet außerdem bereits Updates von Fahrerassistenzsystemfunktionen. So werden mit diesem Softwareupdate ein Notbremsassistent und ein Totwinkelassistent installiert und zusätzlich eine Verbesserung bestehender Funktionen wie bspw. der adaptiven Geschwindigkeitsregelung vorgenommen.

Die meisten europäischen OEMs sind derzeit hingegen noch skeptisch bezüglich der Nutzung von Over-the-Air-Updates von Funktionen (Experteninterview Branchenexperte 4), wobei diese insbesondere dann abgelehnt werden, wenn sicherheitsrelevante Funktionen betroffen sind.

Neben diesen Bedenken gibt es auch eine Reihe technischer und organisatorischer Herausforderungen, die für die Bereitstellung von Automatisierungsfunktionen als Update bewältigt werden müssen:

- Eine After-Sales Software-Updatefähigkeit ist „nicht nur eine Frage des Willens, sondern auch des Könnens“ (Experteninterview Zulieferer 7), insbesondere hinsichtlich der Integration der Funktions- und Applikationsentwicklung in die Entwicklungszyklen. Die Einbeziehung von OTA-Updates hat zur Folge, dass Entwicklungsprozesse nicht nur umgestellt, sondern zum Teil sogar neu aufgesetzt werden müssen (Experteninterview Zulieferer 7).
- Aufgrund der unterschiedlichen Lebenszyklen von Automobilen und Smartphones (Ø 18 Jahre bei Automobilen, Ø 2,5 Jahre bei Smartphones) ist hardwarebedingt das Updaten von Software für Automatisierungsfunktionen bei Fahrzeugen nur für einen deutlich kleineren Teil der Lebensdauer eines Fahrzeugs möglich (Experteninterview Branchenexperte 4).
- Auch technisch unterscheiden sich die Voraussetzungen in Smartphones und Automobilen bislang sehr stark. Während in Smartphones Betriebssysteme und definierte Schnittstellen vorliegen und damit „eine Sprache“ gegeben ist, gibt es in Automobilen viele verschiedene Steuergeräte mit „verschiedene Sprachen“, die für eine Funktion wichtig sind. Damit sind Software-Updates von Automatisierungsfunktionen als sehr komplex einzustufen (Experteninterview Branchenexperte 5).
- Die Automobilhändler opponieren gegen die Entwicklung, da der Update-Prozess bei OTA-Updates an ihnen vorbeigeht (Bullis 2014).

Fazit:

OTA-Updates gewinnen in der Automobilindustrie an Bedeutung. Momentan ist das Unternehmen Tesla hierbei der Innovationstreiber. In welchem Ausmaß Automatisierungsfunktionen per OTA-Update realisiert werden können, ist derzeit jedoch noch offen. Insbesondere im Zeitraum des Markthochlaufs (2020 – 2025) ist es ein wahrscheinliches Szenario, dass OTA-Updates von HAF-Funktionen schnell an Verbreitung gewinnen. Langfristig könnte die Bedeutung von OTA-Updates und Applikationen weit über HAF hinausgehen. Wenn Automatisierungsfunktionen wettbewerbsdifferenzierend sein werden und die Technologieentwicklung im Bereich der Automatisierung schnell voranschreitet, ist es denkbar, dass die Updatefähigkeit in Verbindung mit der technischen Auslegung der Fahrzeuge zu völlig veränderten Vertriebsmodellen führt und ggf. die Produktlebenszyklen in der Automobilindustrie verändert. Es sollten daher schnellstmöglich Methoden und Vorgaben für die

Einspielung und Überprüfung der Updates entwickelt werden (RTAF 2015). Die Entwicklungen im Bereich OTA-Updates von Funktionen sollten zudem nicht mit einer reinen „Automobilbrille“ betrachtet werden, da ansonsten wesentliche Innovationen verpasst werden könnten. Eine derzeit bereits zu beobachtende Reaktion der Automobilindustrie ist die Kooperation mit bzw. Förderung von Start-Up-Unternehmen (Experteninterview Zulieferer 7).

3.2 Analyse des heutigen Marktes für Fahrzeugautomatisierung und Fahrerassistenz

Die nachfolgenden Berechnungen zur Markt- und Wertschöpfungsberechnung basieren auf einem eigenentwickelten Modellansatz (vgl. Kapitel 2.3).

3.2.1 Einleitung

Ziel des Kapitels ist es, festzustellen, ob Deutschland derzeit Leitmarkt und Leitanbieter für diejenigen Fahrerassistenz-, und Automatisierungssysteme ist, aus denen sich hochautomatisiertes Fahren funktional entwickelt.³² Das Ergebnis zeigt, in welcher Ausgangssituation sich der deutsche Markt und die deutsche Industrie, hinsichtlich des automatisierten Fahrens heute befinden.

Der Weltmarkt wurde dabei in folgende Regionen unterteilt:

- Nordamerika (USA, Kanada, Mexico)
- Deutschland
- Europa (West- und Osteuropa inkl. Schweiz, Russland, Ukraine, Türkei, wenn nicht anders ausgewiesen mit Deutschland)
- China (ohne Hongkong, Macau und Taiwan)
- Japan
- Rest der Welt (inkl. Korea)

Um eine Vergleichbarkeit der betrachteten Märkte zu ermöglichen, soll zur Bestimmung des Leitmarkts eine Kennzahl herangezogen werden, in der die Relation zu den jeweiligen Pkw-Absatzzahlen des Marktes ausgedrückt wird. Da es sich bei ADAS um eine heterogene Menge an Fahrerassistenzsystemen mit unterschiedlicher Komplexität und unterschiedlichen Preisen handelt, wäre es unpräzise, den Leitmarkt durch aggregierte ADAS-Stückzahlen zu definieren. Stattdessen sollen die unterschiedlichen Systeme durch die monetäre Bewertung normiert werden. Daher wird im Folgenden unter dem Leitmarkt derjenige Markt verstanden, in dem das ADAS-Marktvolumen (Umsatz in €) pro Fahrzeug am höchsten ist. Da ausschließlich große Märkte mit mindestens 4% Weltmarktanteil betrachtet wurden, besteht nicht die Gefahr von Verzerrungen durch kleine Märkte mit hohem Premium-/ADAS-Anteil.

Unter dem Leitanbieter wird idealerweise derjenige Standort verstanden, dessen Wertschöpfungsanteil am Gesamtmarktvolumen über die gesamte Lieferkette hinweg am höchsten ist. Berücksichtigt wird dabei nur die Wertschöpfung, die bei der Entwicklung und Herstellung der betrachteten Systeme und Services von Unternehmen

³² Die Markt- und Wertschöpfungsbetrachtung wird auf diejenigen ADAS eingegrenzt, die Vorläuferfunktionen des hochautomatisierten Fahrens sind. Der gesamte Bereich der Fahrerassistenzsysteme hat derzeit ein Marktvolumen, das um ein Vielfaches höher ist als die hier betrachteten ADAS. Laut Markets and Markets wurde das Marktvolumen für Fahrerassistenzsysteme im Jahr 2013 bereits auf über 13,4 Mrd. Dollar beziffert (Marktes and Marktes 2013).

der europäischen Klassifikation der Wirtschaftszweige NACE29 generiert wird. Vorleistungen, die innerhalb der Wertschöpfungskette in Deutschland von Unternehmen erstellt wurden, die nicht zu NACE29 gehören, werden nicht modelliert, aber auf Basis der in der Literatur üblicherweise verwendeten Quotienten abgeschätzt. Da der Anteil der Wertschöpfung am Gesamtmktvolumen nicht für alle relevanten Länder vorliegt, wird im vorliegenden Gutachten alternativ der Anteil der Hersteller eines Landes an den Stückzahlen zur Bestimmung der Leitanieterschaft herangezogen.

3.2.2 ADAS-Marktvolumina heute

Aufgrund der regionalen Unterschiede bezüglich des Marktanteils der Fahrzeugklassen, v.a. des Premium- und Oberklassensegments sowie der unterschiedlichen Bedeutung von Sonderausstattungen zeigt sich international ein differenziertes Bild hinsichtlich der Marktdiffusion der wesentlichen ADAS.

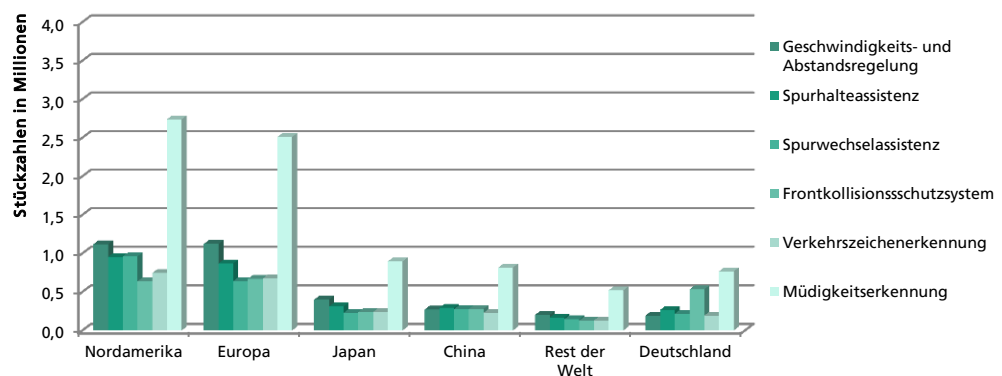


Abbildung 12: Absatz von ADAS im Jahr 2014 nach Regionen³³

Zunächst war Europa der mit Abstand wichtigste Markt für ADAS. Der nordamerikanische Markt ist in der jüngeren Vergangenheit jedoch schnell gewachsen. Asiatische Märkte verzeichnen derzeit noch einen geringeren Absatz, aber insbesondere für China wird in den nächsten Jahren ein erhebliches Wachstum prognostiziert - überproportional zum gesamten Pkw-Markt (IHS Automotive 2014). Die derzeitige Marktsituation zeigt eine Heterogenität bei der Marktdurchdringung der verschiedenen Systeme in den verschiedenen Regionen. In den USA werden beispielsweise Geschwindigkeits- und Abstandsregelsysteme sowie Spurhalte- und Spurwechselassistenten in über einem Drittel der Fahrzeuge angeboten.³⁴ Darüber hinaus sind radargestützte Querführungsfunktionen sehr beliebt, u.a. da auch das Überholen rechts erlaubt ist (SBD 2013; Stapel 2015, S. 24). Frontkollisionsschutzsysteme haben hingegen aufgrund der positiven Auswirkung auf das NCAP-Rating in Europa eine besonders gute Marktdurchdringung (SBD 2013).

Zur Berechnung der Marktvolumina sind neben den Stückzahlen die Marktpreise relevant. Zu deren Ermittlung wurde auf die Referenzsysteme (vgl. Kap. 3.1) Bezug genommen und anhand von Marktforschungsstudien und eigenen Recherchen auf

³³ Eigene Berechnungen auf Basis von (Frost & Sullivan 2013, 2014 b,d,f; Bosch 2014; Roland Berger 2014, IHS 2014, Global Industry 2015).

³⁴ Die (optionale) Verfügbarkeit der Systeme in einem Drittel der Fahrzeuge impliziert nicht, dass ein Drittel der Fahrzeuge letztlich damit ausgestattet sind. Prozentual liegt der Absatz der drei genannten ADAS in den USA bei ca. 6 %.

Basis von Unternehmensangaben Durchschnittsnettopreise für die verschiedenen Systeme ermittelt. Abbildung 13 stellt die durchschnittlichen Marktpreise (netto) der betrachteten Systeme dar:

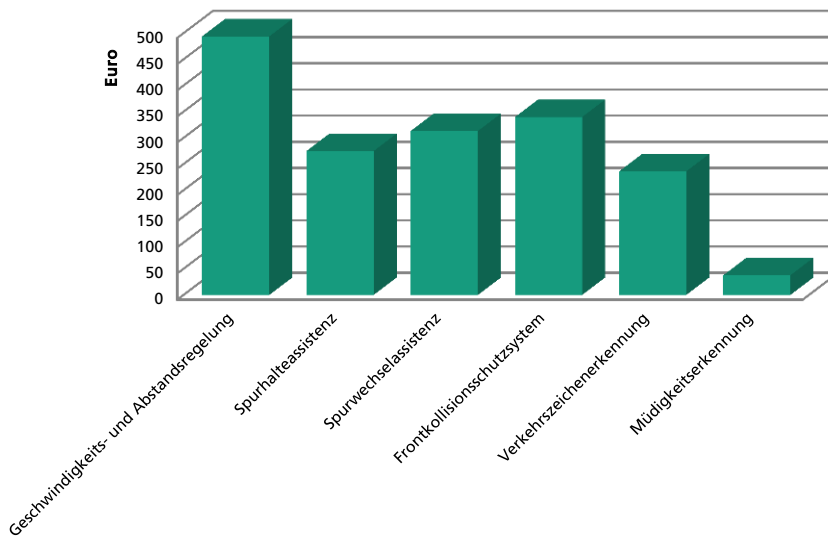


Abbildung 13: Preis von ADAS im Jahr 2014³⁵

Durch die Multiplikation der Marktpreise mit den ermittelten Stückzahlen ergeben sich die in Abbildung 14 dargestellten Marktvolumina für die betrachteten Systeme.

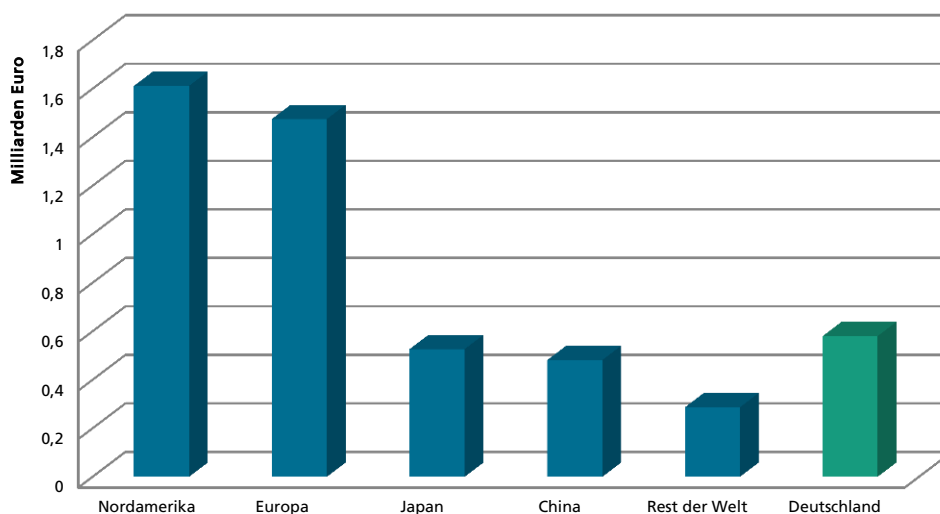


Abbildung 14: Marktvolumen von ADAS im Jahr 2014 nach Regionen³⁶

Die Darstellung zeigt, dass die USA und Europa derzeit die führenden ADAS-Märkte sind. Im Jahr 2014 betrug das Weltmarktvolumen rund 4,38 Mrd. €.

³⁵ Eigene Berechnungen auf Basis von eigenen Recherchen der Sonderausstattungspreislisten sowie von Frost & Sullivan 2013, 2014, b,c,f.

³⁶ Eigene Berechnungen.

Die Marktsituation bezüglich ADAS zeigt auch die Ausgangssituation bezüglich des Marktes für HAF: Hierbei spielt einerseits die in der ADAS-Marktdurchdringung ausgedrückte erhöhte Zahlungsbereitschaft für PKWs generell, und andererseits die bisherige Erfahrung der Kunden mit heutigen Fahrerassistenzsystemen wie ACC oder aktivem Spurhalteassistenten eine Rolle. So ist aus Kundenstudien von Automobilherstellern bekannt, dass Kunden, die einmal ein Fahrzeug mit aktiven Fahrerassistenzsystemen besessen haben, beim nächsten Fahrzeugkauf die Tendenz aufweisen, sich wieder für das Assistenzpaket des jeweiligen Herstellers zu entscheiden (Experteninterview OEM 4).

3.2.3 Ermittlung der Leitmarkt-Quotienten

Setzt man die Marktvolumina mit den Stückzahlen auf dem jeweiligen Markt in ein Verhältnis, zeigt sich, dass in Deutschland bei ADAS derzeit mit 191 € pro Fahrzeug die größten Umsätze erzielt werden. Der globale Durchschnittswert liegt bei knapp 60 Euro pro Fahrzeug, wobei der größte Anteil der globalen Neufahrzeuge nicht mit ADAS ausgestattet ist.

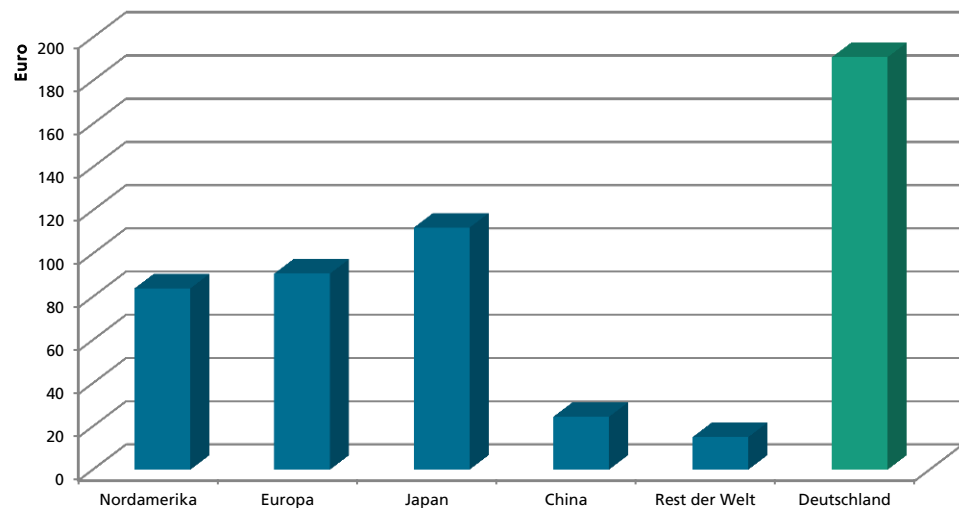


Abbildung 15: Umsatz mit ADAS pro Fahrzeug im Jahr 2014 nach Regionen³⁷

3.3 Berechnung der deutschen Wertschöpfungsanteile im Bereich Fahrzeugautomatisierung und Fahrerassistenz

3.3.1 Definition der Wertschöpfungsmodule

Ein Wertschöpfungsmodul ist eine eindeutig definierte Wertschöpfungseinheit, die überschneidungsfrei zu anderen Wertschöpfungseinheiten ist und einen bestimmbaren Input und Output hat. Zu den zentralen Wertschöpfungsmodulen im Bereich ADAS zählen die Entwicklung und Herstellung der für die in Kapitel 3.1 beschriebenen Systeme benötigten Komponenten, die Integration der Komponenten in das Gesamtsystem, die Integration der Systeme in die Fahrzeuge sowie die Validierung und Systemtests. Zusammengefasst ergibt sich die folgende Liste von Wertschöpfungsmodulen:

³⁷ Eigene Berechnungen.

- Entwicklung und Herstellung der Umfoldsensoren
- Entwicklung und Herstellung der Steuergeräte (Hardware)
- Entwicklung der Software (Modellierung und Algorithmen)
- Entwicklung und Herstellung des HMI³⁸
- Systemintegration
- Validierung und Systemtests / Fahrzeugintegration / Vertriebsmarge³⁹
- Entwicklung und Bereitstellung von Kartenmaterial und Backend-Services

3.3.2 Bestimmung des Produktions- und Entwicklungsanteils der Wertschöpfungsmodule

Die Wertschöpfungsmodule weisen unterschiedlich hohe F&E- sowie Produktionsanteile auf. Während die Systemintegration beispielsweise vollumfänglich der Produktion zugeordnet werden kann, fasst das Wertschöpfungsmodul Software vorrangig Softwareentwicklungstätigkeiten (Funktionsentwicklung, Entwicklung von Algorithmen etc.) zusammen. Das Wertschöpfungsmodul Karte/Backend enthält neben Softwareentwicklung insbesondere aus Datenverarbeitung und Datenanalyse und stellt somit einen Sonderfall dar, da es nur eingeschränkt in die binäre Aufteilung von Produktion und Entwicklung passt. Im Mittel liegen die F&E-Anteile bei ca. 30% des gesamten Leistungsumfangs. Dies ist von hoher Relevanz für die Wertschöpfung, da die am Standort Deutschland allokierte Leistungserstellung der Automobilhersteller und Zulieferer im Bereich F&E deutlich höher ist, als bei Produktionstätigkeiten. Die Entwicklungsarbeiten bei ADAS finden derzeit sowohl bei den deutschen Herstellern, als auch bei den deutschen Zulieferern überwiegend in Deutschland statt (Experteninterview OEM 1). Abbildung 16 zeigt die Produktions- und Entwicklungsanteile der einzelnen Wertschöpfungsmodule.

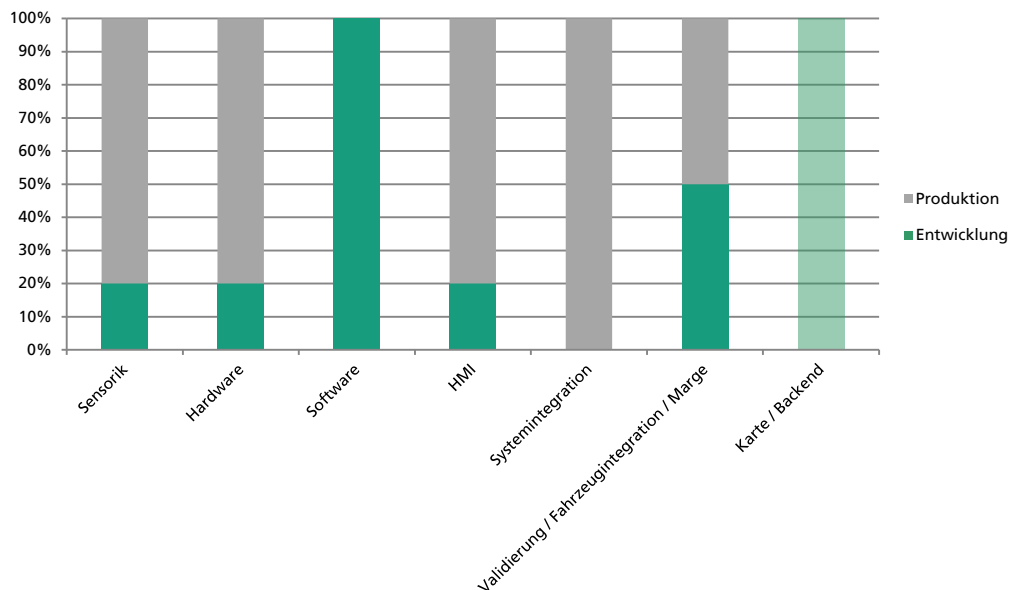


Abbildung 16: Produktions- und Entwicklungsanteile der ADAS-Wertschöpfung 2014⁴⁰

³⁸ Komponenten der Innenraumsensoren werden dem HMI zugeordnet.

³⁹ Hierbei werden alle Wertschöpfungsschritte nach der Produktion der Komponenten zu einem Wertschöpfungsmodul zusammengefasst.

⁴⁰ Annahmen auf Basis von Expertenbefragungen.

3.3.3 Zuordnung der Akteursgruppen zu den Wertschöpfungsmodulen

Der Anteil der Hersteller und Zulieferer an der Leistungserstellung unterscheidet sich je nach Wertschöpfungsmodul. Da die beiden Hauptakteursgruppen eine unterschiedlich gewichtetes globales Produktions- und Entwicklungsnetzwerke und damit unterschiedliche Inlandsanteile aufweisen, ist eine Zuordnung der beiden Gruppen zu den Wertschöpfungsmodulen nötig. Abbildung 17 zeigt die Anteile⁴¹ der OEM und Zulieferer an den definierten Wertschöpfungsmodulen.

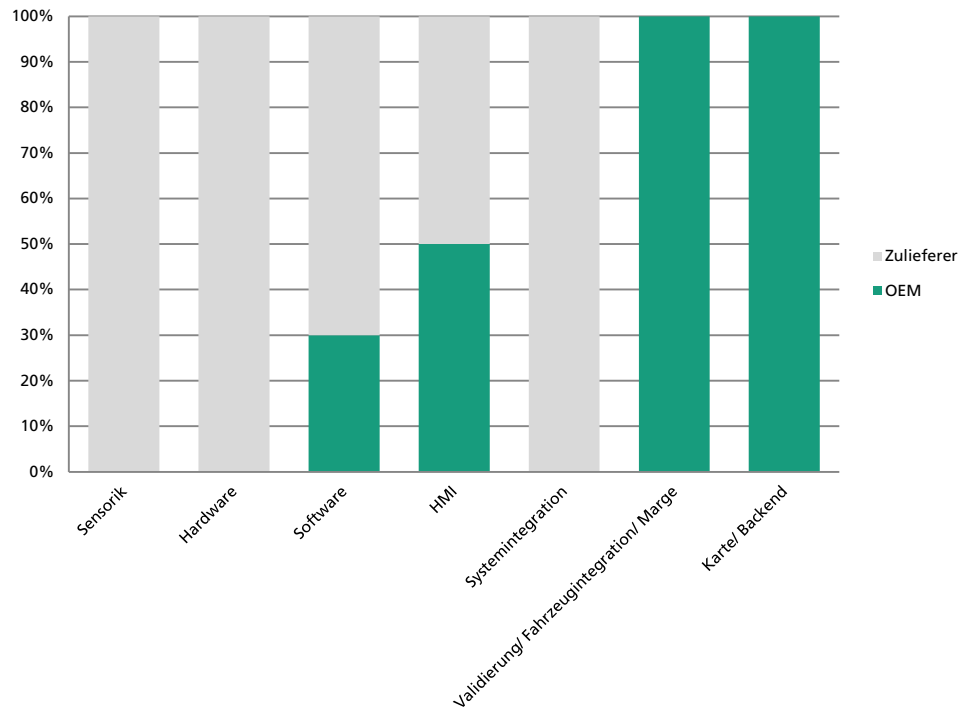


Abbildung 17: Anteil von Herstellern und Zulieferern an den Wertschöpfungsmodulen von ADAS 2014⁴²

3.3.4 Marktanteile der Hersteller und Zulieferer an den betrachteten Systemen

Die Marktanteile der Fahrzeughersteller am ADAS-Markt weichen von den Marktanteilen bei den Fahrzeugen ab. Deutsche Hersteller haben im Bereich ADAS einen gegenüber dem Marktanteil beim Pkw-Absatz deutlich überproportional großen Marktanteil. Deutsche Premium-Hersteller nehmen derzeit eine Vorreiterrolle bei den Fahrerassistenzsystemen und Automatisierungsfunktionen ein. Die Abbildungen 18 und 19 zeigen die Marktanteile deutscher Hersteller und Zulieferer, differenziert nach den betrachteten Systemen und den Absatzregionen. Die Werte beziehen sich dabei auf die für die jeweilige Akteursgruppe erschließbaren Teilmärkte. Bei den Zulieferern ist dies die Zulieferung von ADAS und Komponenten für ADAS, bei den Herstellern, der Anteil der ADAS in den abgesetzten Fahrzeugen.

⁴¹ Die Einheiten, die den Anteilen hier zugrunde liegen, sind hier definiert als Hauptverantwortung für die Leistungserstellung im jeweiligen Wertschöpfungsmodul.

⁴² Annahmen auf Basis von Expertenbefragungen.

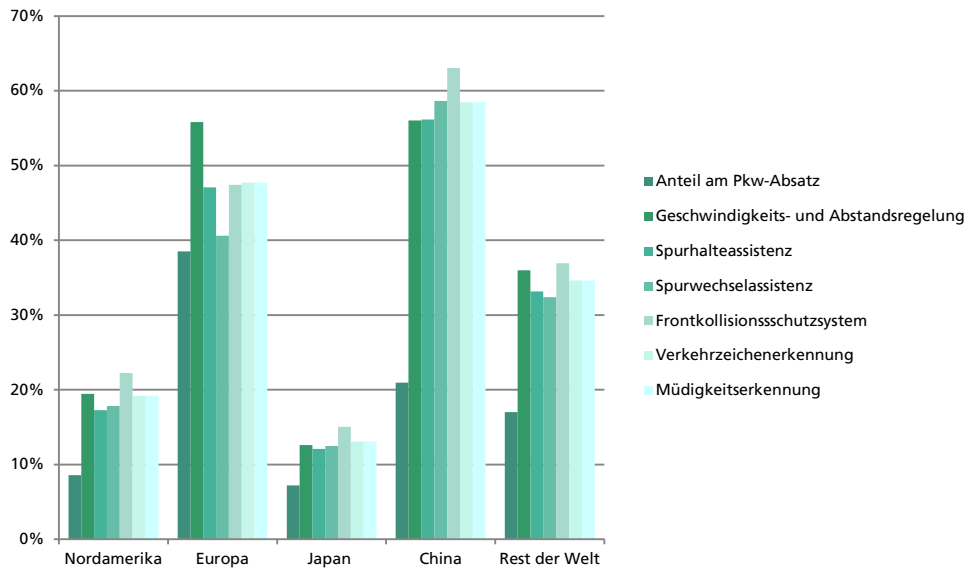


Abbildung 18: Anteil deutscher Hersteller am ADAS-Markt im Jahr 2014 nach Regionen⁴³

Die deutsche Zulieferindustrie hat zudem große Marktanteile bei ADAS, wie Abbildung 19 zeigt. Von den für ADAS wichtigsten Tier1-Zulieferern Autoliv, Bosch, Continental, Delphi, Denso, Hella, TRW und Valeo haben drei ihren Hauptsitz in Deutschland (Frost & Sullivan 2014 b,c).

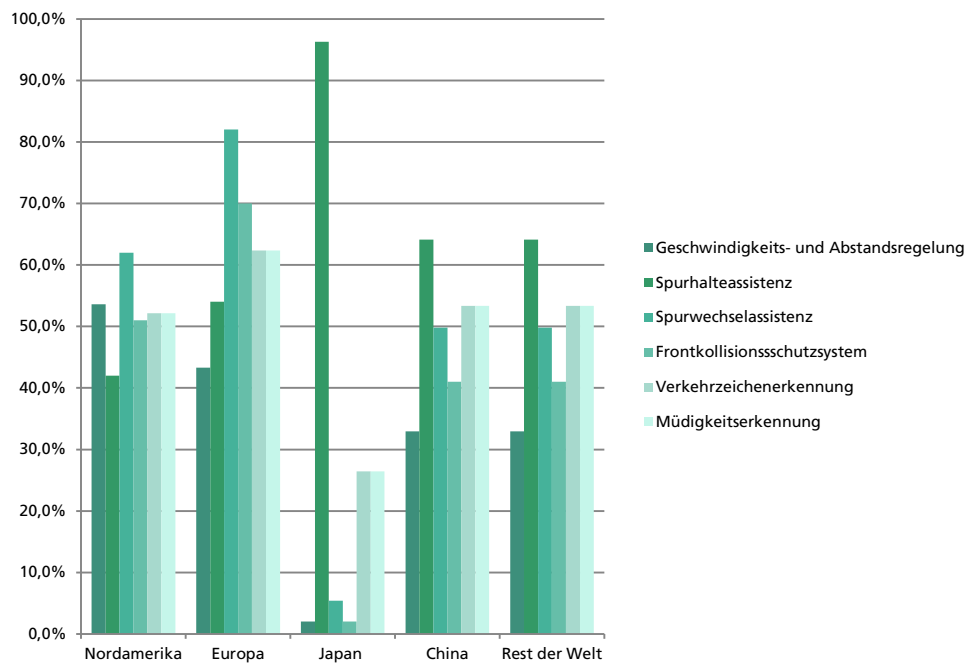


Abbildung 19: Anteil deutscher Zulieferer am ADAS-Markt im Jahr 2014 nach Regionen⁴⁴

⁴³ Eigene Darstellung

3.3.5 Bestimmung der Wertanteile der Wertschöpfungsmodule am Gesamtsystem

Für die betrachteten Systeme Abstands- und Geschwindigkeitsregelung, Spurhalteassistent, Spurwechselassistent, Frontkollisionsschutzsystem, Verkehrszeichenerkennung und Fahrerzustandserkennung wurde der Wertanteil der einzelnen Wertschöpfungsmodule ermittelt. Aggregiert ergibt sich daraus die in Abbildung 20 dargestellte Wertzusammensetzung.

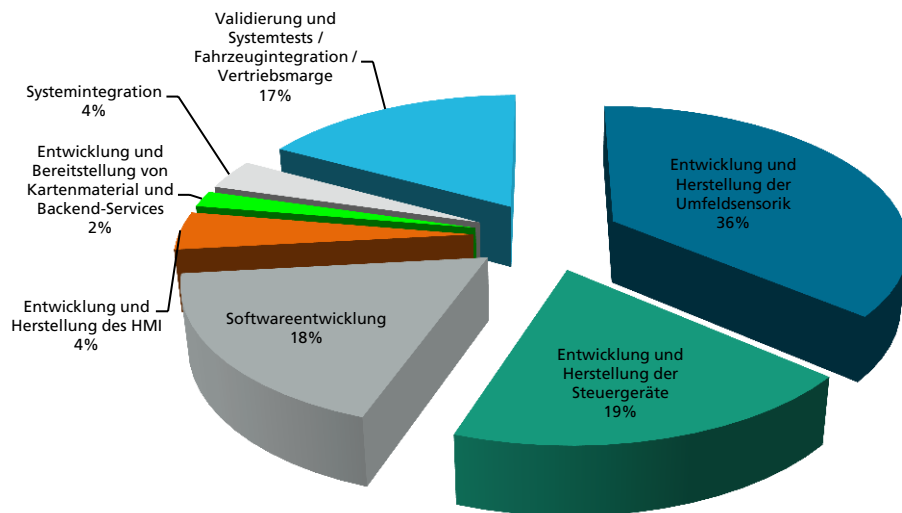


Abbildung 20: Wertanteile im ADAS-Markt 2014⁴⁵

Die dominierenden Wertanteile liegen in den Bereichen Umfoldsensorik (36%), Steuergeräte (19%), Softwareentwicklung (18%) sowie in der Fahrzeugintegration und den Endtests (inkl. Marge) (17%).

Die einzelnen Wertschöpfungsmodule können den Automobilherstellern und Zulieferern anteilig zugewiesen werden. Aggregiert und gewichtet mit dem Wertanteil der verschiedenen Wertschöpfungsmodule ergibt dies einen Wertanteil der Automobilhersteller in Höhe von 26,5% und einen Wertanteil der Zulieferindustrie in Höhe von 73,5%.

3.3.6 Standortanteile

Hinsichtlich der Standortanteile der Beschäftigten⁴⁶ der deutschen Automobilhersteller und Zulieferunternehmen ist zwischen Produktionstätigkeiten und sonstigen Prozessen

⁴⁴ Eigene Berechnungen auf Basis von Frost & Sullivan 2013, 2014b, 2014g, 2014f. Anmerkung: Die Marktanteile der Zulieferindustrie wurden vom Basisjahr 2012 fortgeschrieben. Da für China und des Rest der Welt keine Zahlen vorlagen wurde dort der durchschnittliche Marktanteil von Nordamerika, Europa und Japan angenommen.

⁴⁵ Eigene Berechnungen auf Basis von Experteninterviews, Unternehmensangaben und einzelnen Kosteninformationen aus diversen Literaturquellen.

⁴⁶ Zu den Beschäftigten zählen laut dem Statistischen Bundesamt alle im Betrieb tätigen Personen, die in einem arbeitsrechtlichen Verhältnis stehen (z.B. auch Vorstandsmitglieder, Direktoren, Reisende im Angestelltenverhältnis, Volontäre, Praktikanten, Auszubildende und Heimarbeiter einschließlich der tätigen Inhaber und unbezahlt mithelfenden Familienangehörigen. Einbezogen werden u. a. auch Erkrankte, Urlauber, Teilzeitbeschäftigte und Kurzarbeiter. Leiharbeitnehmer im Sinne des

einerseits und F&E-Tätigkeiten andererseits zu unterscheiden. Bei den Zulieferunternehmen sind in den für ADAS relevanten Geschäftsbereichen ca. 32% der in der Produktion Beschäftigten an deutschen Standorten tätig und knapp 49% der Beschäftigten in der Entwicklung. Bei den deutschen Automobilherstellern sind im Mittel noch ca. 62% der Beschäftigten an deutschen Standorten tätig. Bezogen auf ADAS und unterteilt nach Produktionstätigkeiten und Entwicklungstätigkeiten wird bei den Herstellern von einem Inlandsanteil von ca. 71% bei Produktionstätigkeiten und ca. 92% bei Entwicklungstätigkeiten ausgegangen.⁴⁷

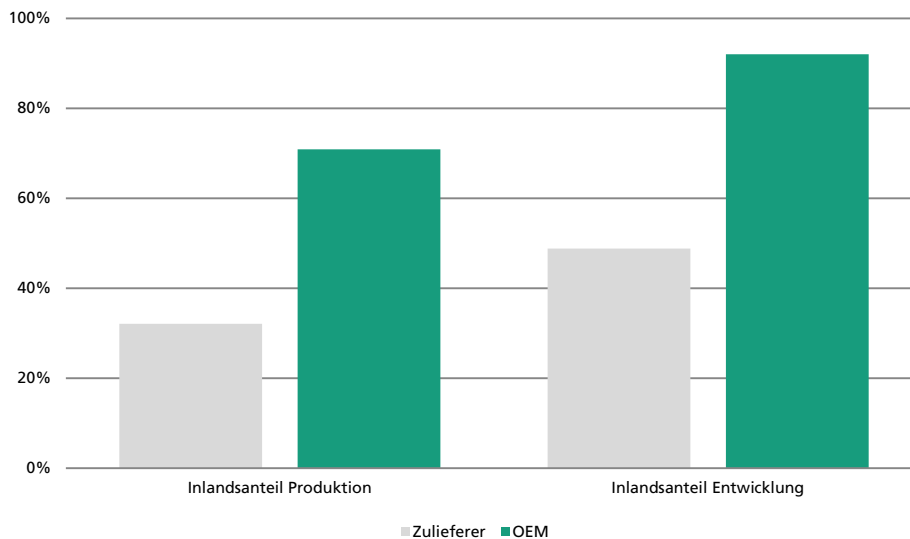


Abbildung 21: Anteile der Produktion und Entwicklung für ADAS am Standort Deutschland⁴⁸

3.3.7 Leistungstiefen und Importanteile

Fahrerassistenz- und Fahrzeugautomatisierungssysteme haben einen hohen IT- und Elektronik-Anteil. Entsprechend ähneln die wirtschaftlichen Verflechtungen bei der Leistungserstellung von ADAS den typischen Strukturen der Referenzindustrien. In Abbildung 22 sind die Anteile des eigenen Wirtschaftszweigs, von anderen Wirtschaftszweigen sowie von Importen für die Automobil- E/E- und IT-Industrie dargestellt.

Arbeitnehmerüberlassungsgesetzes werden nicht einbezogen. Beschäftigtenzahlen der Statistik im Verarbeitenden Gewerbe sind aus verschiedenen methodischen und konzeptionellen Gründen nicht unmittelbar mit der Zahl der versicherungspflichtig beschäftigten Arbeitnehmer vergleichbar, da z.B. in der letztgenannten Kategorie keine selbständig Tätigen, tätige Inhaber, tätige Mitinhaber u.Ä. enthalten sind und die wirtschaftssystematische Zuordnung nach anderen Kriterien als im Verarbeitenden Gewerbe vorgenommen wird.

⁴⁷ Eigene Berechnungen auf Basis von Unternehmensangaben und Geschäftsberichten.

⁴⁸ ⁴⁸ Eigene Berechnungen auf Basis von Unternehmensangaben und Geschäftsberichten. Einbezogen wurden die Automobilhersteller Daimler, VW, BMW sowie die Automobilzulieferer Bosch, Continental und Hella. Sofern ein separater Wert für den Inlandsanteil der Produktion nicht vorlag bzw. die Unternehmen keine Auskunft erteilen wollten, wurden stattdessen eine Proportionalität der Produktionsanteile zu den Gesamtbeschäftigungsanteilen des Standorts Deutschland angenommen. Auch die Analyse von Olle (2015) ergab für die 10 größten deutschen Zulieferunternehmen einen durchschnittlichen Inlandsbeschäftigungsanteil in Höhe von 32% für das Jahr 2014 und bestätigt die vorliegende Analyse somit.

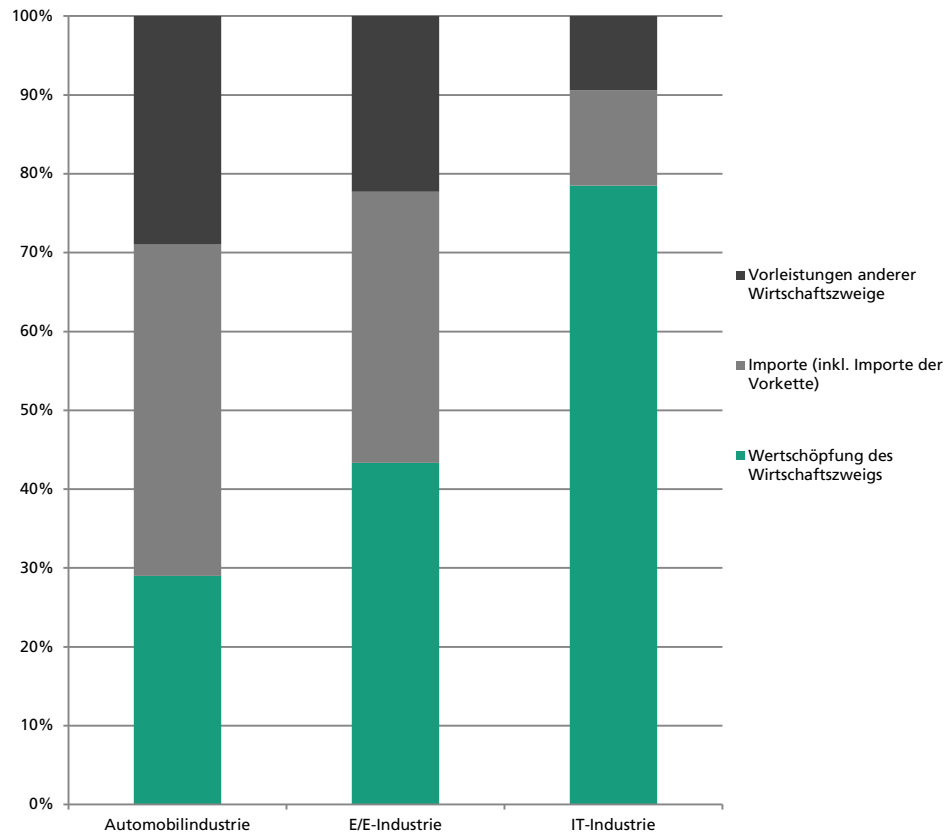


Abbildung 22: Eigenleistung und Vorleistungen der relevanten Wirtschaftszweige⁴⁹

Dementsprechend gehen auch die verschiedenen Wertschöpfungsmodule mit unterschiedlichen Leistungstiefen und Importanteilen einher. Während bei der Softwareentwicklung eine Leistungstiefe von ca. 60% und Importanteile von nur ca. 25% zugrunde gelegt werden können, liegt die Leistungstiefe bei hardwarelastigen Wertschöpfungsmodulen (Sensorik, Steuergeräte, HMI) bei ca. 40% und der Importanteil bei 40%.

⁴⁹ Eigene Berechnungen auf Basis der Input-Output-Statistik des Statistischen Bundesamts.

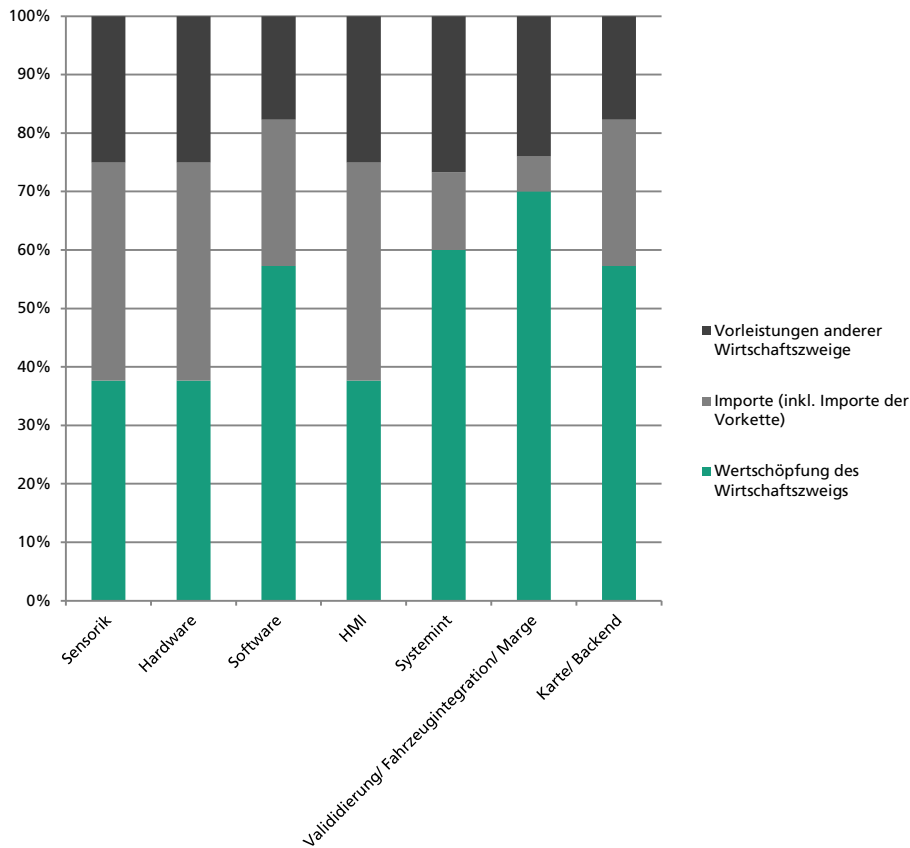


Abbildung 23: Leistungstiefe der ADAS-Wertschöpfungsmodule 2014⁵⁰

3.3.8 Ergebnis: Wertschöpfung und Beschäftigung im Bereich ADAS 2014

Bereits heute erzeugen die „Vorstufen“ des hochautomatisierten Fahrens eine Wertschöpfung in Deutschland in der Größenordnung von über 546 Mio. Euro innerhalb des nach NACE29 klassifizierten Wirtschaftszweigs Herstellung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeugteilen. Dies entspricht knapp 1% der Bruttowertschöpfung der deutschen Automobilindustrie.

⁵⁰ Bei Sensorik, Hardware und HMI wurden die jeweilige Referenzindustrie E/E mit zwei Drittel und die Automobilindustrie mit einem Drittel einberechnet. Bei IT, Backend / Karte wurde die jeweilige Referenzindustrie IT mit zwei Drittel und die Automobilindustrie mit einem Drittel einberechnet. Bei Systemintegration und Validierung, Fahrzeugintegration, Marge wurde Annahmen auf Basis von Expertenaussagen getroffen.

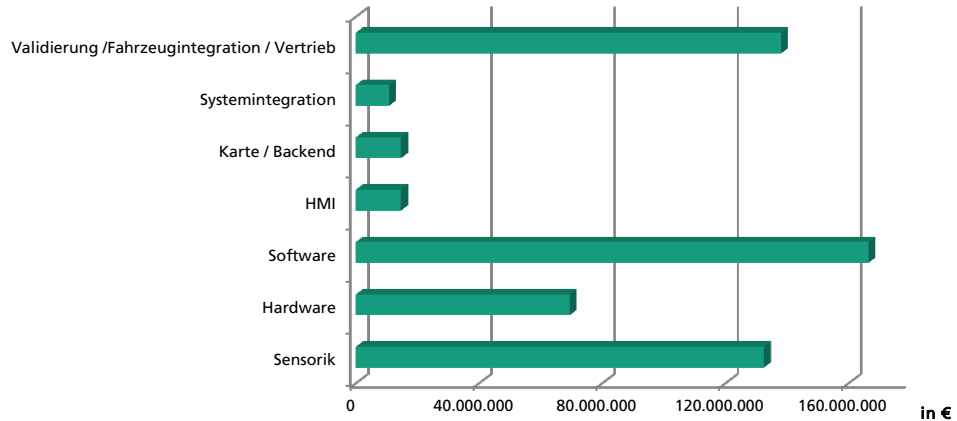


Abbildung 24: Aufteilung der ADAS-Wertschöpfung am Standort Deutschland im Jahr 2014 auf Wertschöpfungsmodul⁵¹

Wird die Arbeitsproduktivität der Automobilindustrie in Höhe von 100.943 Euro Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem zugrunde gelegt, ergibt sich daraus ein Beschäftigungsbedarf in Höhe von 5.413 Beschäftigten für das Jahr 2014.

Hinzu kommt eine induzierte Wertschöpfung und Beschäftigung bei Unternehmen, die nicht NACE29 zugeordnet sind, hierzu zählen vorrangig Unternehmen der Chemie- und Elektroindustrie sowie des Maschinenbaus.

Laut Stand der Forschung liegt der diesbezügliche Faktor an zusätzlicher Beschäftigung für die Automobilindustrie insgesamt bei 2,4 (Meißner 2013). Das heißt, dass zusätzlich zu einem Beschäftigten in der Automobilindustrie 1,4 Beschäftigte in anderen Wirtschaftszweigen induziert werden. Unter Berücksichtigung der überdurchschnittlich hohen Leistungstiefe im Bereich ADAS und dem damit verbundenen geringeren Anteil an Vorleistungen aus dem Inland sinkt dieser Faktor auf 0,7. Hierbei sind auch die Produktivitätsdifferenzen zwischen der Automobilindustrie und ihren Vorleistungsbranchen berücksichtigt. Die zusätzliche induzierte Beschäftigung bei Unternehmen, die nicht NACE29 zu geordnet sind, liegt bei 3.795 Beschäftigten im Jahr 2014.

Zu den genannten 9.203 Beschäftigten ist noch eine nur schätzbare Anzahl von Beschäftigten hinzuzuzählen, die heute an der Entwicklung künftiger Funktionen arbeitet und deren Wertschöpfungsoutput erst in kommenden Jahren realisiert werden kann, so dass sie in der obigen Rechnung aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt werden können.

Insgesamt induzieren (hoch)automatisierten Fahrfunktionen im Jahr 2014 ca. 12.000 - 15.000 Beschäftigte in Deutschland.

⁵¹ Eigene Berechnungen.

4 Analyse der technischen Voraussetzungen und Entwicklungen für hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen

4.1 Einleitung: Beschreibung der für hochautomatisiertes Fahren benötigten Komponenten

Die Funktionsweise des HAF basiert auf einer einheitlichen Basisarchitektur. Um hochautomatisiert fahren zu können, benötigt das Fahrzeug ein Verständnis über die aktuelle Fahrsituation (Perzeption) und eine Abschätzung (Prädiktion) der daraus entstehenden Situation. Zur Perzeption gehören in erster Linie die Möglichkeit zur hochgenauen absoluten Lokalisierung (Positionierung) und die Wahrnehmung (**Sensorik**) relevanter Objekte wie u.a. Verkehrsteilnehmer, Hindernisse oder Verkehrszeichen. Neben der Umfelderkennung werden Sensoren auch für die Erfassung des Fahrzeugzustands sowie des Innenraums, insbesondere für den Zustand des Fahrers (inkl. Bewertung der potenziellen Übernahmebereitschaft), benötigt. Aus diesen Informationen entsteht ein Modell von Umwelt, Fahrzeug und Fahrer. Die an die Messdatenaufnahme anschließende Sensordatenfusion in den elektronischen Steuergeräten, den electronic control units (ECUs), sorgt im nächsten Schritt für die Zusammenführung aller Informationen und schließlich für die Überführung der Signale in angemessene Fahrmanöver über die **Aktorik** (Bremsung, Beschleunigung, Querverführung, Getriebesteuerung, Übergabe an den Fahrer) und für die Übermittlung der Daten an die Mensch-Maschine-Schnittstelle. Eine wesentliche Rolle spielt hierfür der Einsatz von **Software** im Fahrzeug. Sensorik und Aktorik haben die Aufgabe, das Fahrzeug und seine Umgebung wahrzunehmen bzw. Manöver auszuführen. Die Software bildet hierbei die Schnittstelle und muss die Informationen aus der Sensorik richtig interpretieren, um der Aktorik die richtigen Steueranweisungen zu geben. Die vom Fahrzeug erstellten Situationsmodelle werden genutzt, um aus einer endlichen Menge an Handlungsalternativen die am besten geeignete zu wählen.

Da im hochautomatisierten Betrieb eine gewisse Übernahmezeit vorgesehen ist, muss das Fahrzeug in der Lage sein, jegliche Fahrsituationen in diesem Zeitraum vorherzusagen und korrekt auf diese zu reagieren. Ein mögliches Erreichen der Funktionsgrenzen muss demzufolge rechtzeitig vor Eintreten der Situation ermittelt werden. Aus diesem Erfordernis ergibt sich ein Zusammenhang von Sensorreichweite, Übernahmezeit und möglicher Fahrgeschwindigkeit. Um beispielsweise bei typischen BAB-Geschwindigkeiten von 130km/h eine hochautomatisierte Fahrt 10 Sekunden durchzuführen, muss das Fahrzeug in der Lage sein, die Situation für die nächsten 360 Meter entweder mittels Sensorik oder Prädiktion verlässlich zu analysieren und die jeweils optimale Handlung auszuführen.

Da zurzeit kein verfügbarer Sensor diese Reichweitenanforderung erfüllt, wird das Wissen über die zu erwartende Situation (v.a. Straßentopologie, aber auch für Sensorik „unsichtbare“ Verhaltensregeln) in eine hochpräzise und hochaktuelle digitale **Karte** verlagert. Weiterhin wird diese Karte zur präzisen **Ortung** genutzt, da sich über ein handelsübliches Global Navigation Satellite System (GNSS), wie z.B. GPS, die benötigte Präzision nicht erreichen lässt. Daher nutzen hochautomatisiert fahrende Fahrzeuge einen Vergleich von wahrgenommenen statischen Objekten („Landmarken“, z.B. Verkehrsschilder, Leitplanken) mit a priori bekannten Verhältnissen. Durch Multilateration lässt sich die Eigenpose aus dem Vergleich herleiten. Die Karte spielt also für die HAF-Funktionalität eine wichtige Rolle. Da sich die Straßenverhältnisse stetig verändern, muss ein konstantes Update der Karten erfolgen. Dies bedingt eine Verbindung der Fahrzeuge zu einem **Backend**-System – üblicherweise betrieben vom

Fahrzeughersteller („OEM-Backend“). Dies ermöglicht zudem eine vorhergehende Anfrage zur Freischaltung des HAF-Betriebs vor Befahren einer für HAF ausgewiesenen Strecke. Diese Anfrage auf Streckenfreigabe klärt, ob z.B. Staus, Baustellen oder Ereignisse auf der zu befahrenden Strecke bekannt sind und ob das System den HAF-Betrieb ggf. verweigern muss bzw. eine frühzeitige und daher sichere Transition in niedrigere Automatisierungsstufen notwendig ist. Während die mobilfunkbasierte Kommunikation mit dem Backend für HAF absolut erforderlich ist, erfolgt die **Car2X** Kommunikation in der Ausprägung **Car2Car** und **Car2Infrastructure** im aktuellen Stand der Technik getrennt von automatisierten Fahrfunktionen. Eine Verknüpfung beider Technologien ist für HAF nicht notwendig, könnte aber zu einer gesteigerten Reichweite und Effizienz sowie zu einer effektiveren Erkennung und Vermeidung von gefährlichen Verkehrssituationen führen.

Essentiell für HAF ist somit die Datenübertragung zwischen Fahrzeug und Backend. Die hierfür benötigten Komponenten (Internetverbindung im Fahrzeug, Mobilfunknetz) dienen aber neben der HAF-Funktionalität auch **Infotainment- und Telematikfunktionen**. Eine größere Bedeutung bekommen im Zuge der Hochautomatisierung, und der damit verbundenen Möglichkeit von Nebentätigkeiten, die **Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI)** sowie die Innenraumgestaltung von Fahrzeugen.

Auch eine völlig neue Komponente wird für HAF benötigt: Zur Klärung von Haftungsfragen bei möglichen Unfällen ist davon auszugehen, dass in hochautomatisierten Fahrzeugen – ähnlich wie im Flugverkehr – **Fahrdatenspeicher** eingesetzt werden.

Für die Umsetzung des HAF muss demnach eine Kombination komplexer Technologien zur Marktreife gebracht werden, deren Grundlagen jedoch in aktuellen Serienfahrzeugen bereits weitreichend vorhanden sind. Im folgenden Kapitel werden die für HAF relevanten Komponenten beschrieben, ihre technische Reife bewertet sowie der jeweilige technisch-wirtschaftliche Handlungsbedarf aufgezeigt.

4.2 Sensorik im Fahrzeug

Mit dem steigenden Elektronikanteil in modernen Kraftfahrzeugen⁵² ist auch die Zahl der verbauten Sensoren in den letzten Jahrzehnten stark gestiegen. Sensoren sind als Messwertaufnehmer quasi die „Sinnesorgane“ des Fahrzeugs und haben die Aufgabe, physikalische oder chemische Größen in digitale Signale zu übersetzen (Reif et al. 2012, S.10). Im Folgenden werden die für das hochautomatisierte Fahren wichtigsten Sensortypen kurz dargestellt und hinsichtlich ihrer technischen Reife bewertet.

⁵² Der wertmäßige Anteil von Elektronik in Automobilen betrug im Jahr 2000 ca. 10% und ist seitdem auf über 31% im Jahr 2015 angestiegen. Bis zum Jahr 2023 wird eine weitere Steigerung auf 50% erwartet (PWC 2013, S. 12).

4.2.1 Sensorische Fahrdynamikerfassung

Die Fahrdynamik befasst sich mit den Wechselwirkungen zwischen den Systemelementen Fahrer, Fahrzeug, Ladung und Umwelt. Mithilfe der Sensorik zur Erfassung der Fahrdynamik ist es einem Fahrzeug möglich, während der Fahrt kontinuierlich eine Eigendiagnose in den drei Achsen (längs, quer und vertikal) durchzuführen und mittels Fahrerassistenzsystemen Fehlmanöver zu korrigieren bzw. gefährlichen Fahrsituationen vorzubeugen. Sensoren zur Erfassung der Fahrdynamik gehören heute zur Standardausstattung moderner Fahrzeuge. Im Folgenden werden die wichtigsten Komponenten zur sensorischen Fahrdynamikerfassung kurz beschrieben.

Raddrehzahlsensoren spielen eine wichtige Rolle im Fahrzeug, da sie Informationen über die Radbewegung hinsichtlich Geschwindigkeit, Beschleunigung und Richtung liefern (Reif 2010, S. 86f.; Mörbe 2012, S. 98). Sie werden in mehreren Fahrerassistenzsystemen eingesetzt wie beispielsweise ABS, ASR, ESP und ACC. Andere Systeme im Fahrzeug wie Motor, Getriebe, Navigation und Fahrwerk erhalten die Informationen hinsichtlich der Raddrehzahl über das ABS-Steuergerät (Hella 2015, S. 2).

Lenkwinkelsensoren erfüllen die Aufgabe der Bestimmung der Lenkradposition durch den gemessenen Lenkwinkel. Ihre wichtigste Funktion ist die Unterstützung des elektronischen Stabilitätsprogramms ESP; sie senden aber auch Informationen über eine CAN-Schnittstelle (Mörbe 2012, S. 102) an Systeme wie Servolenkung, Aktivlenkung, elektrohydraulische Servolenkung, Kurvenlichtsysteme oder ACC (Bosch 2015d).

Drehratensensoren und Beschleunigungssensoren liefern wichtige Informationen über das dynamische Fahrzeugverhalten im Raum. Sie ermitteln die Drehbewegungen in allen drei Raumachsen sowie die Beschleunigung in der Quer- (x), Längs- (y) und vertikalen (z) Achsen (Mörbe 2012, S. 104). Sie unterstützen die Funktion des ESP über eine CAN-Schnittstelle (Bosch 2015f).

Bremsdrucksensoren werden eingesetzt, um das Ausmaß und die Geschwindigkeit zu ermitteln, mit denen sich der Bremsdruck einer Bremsanlage verändert. Sie werden hauptsächlich zum Zweck der Fahrzeugstabilisierung (ESP) (Mörbe 2012, S. 104) und zur Unterstützung von Bremsmanövern in Notfallsituationen (Dynamic Brake Control) genutzt (Melexis Semiconductors 2015).

Bewertung der technischen Reife und aktuelle Forschungsfragen

Sensoren zur Erfassung der Fahrdynamik weisen heute bereits eine hinreichende technische Reife für HAF auf.

4.2.2 Sensorische Umfelderkennung

Neben der oben beschriebenen Eigendiagnose des Fahrzeugs wird in den letzten Jahren in zunehmendem Maße auch das Fahrzeugumfeld per Sensorik erfasst. Die hierfür benötigte Sensorik liefert Informationen zu den drei Clustern Fahrspurdetektion, Hinderniserkennung und Fahrzeugdetektion (Vacek 2009, S. 11). Zunehmend werden auch detaillierte Informationen wie Geschwindigkeitsbegrenzungen per Sensorik erfasst. Im Bereich der Umfelderkennung von Kraftfahrzeugen haben sich vor allem Radar-, Video- und Ultraschallsensoren durchgesetzt. Zunehmend werden die funktional den Radarsensoren ähnlichen Lidarsensoren eingesetzt (Weber 2012, S. 24).

4.2.2.1 Radar

Die Radarsensorik im Automobil basiert auf der Sendung und dem Empfang von Radiowellen zur Erkennung von Objekten. Das Radargerät besteht aus einem Funksender und -empfänger. Die Sensoren messen die Positionen (Abstand und Winkel) und Geschwindigkeiten von Objekten relativ zum eigenen. Radarsensoren spielen derzeit neben der Anwendung in der adaptiven Geschwindigkeitsregelung auch für weitere Fahrerassistenzfunktionen eine wichtige Rolle, bspw. beim Parkassistenten, beim Spurwechselassistenten, beim Kollisionsschutzsystem und bei der Fußgängerdetektion (Frost & Sullivan 2012, S.24).

Radarsensoren weisen folgende technische Vor- und Nachteile auf:

Radar: Vor- und Nachteile	
+	Wetterunabhängigkeit / Wetterrobustheit
+	Direkte Messung der Relativgeschwindigkeit möglich
+	Genauere Distanzmessung
+	Kleine, kompakte Bauweise
+	Durchstrahlungsfähigkeit durch Kunststoffe (günstig für Packaging)
+	Hohe Robustheit gegenüber Verschmutzung und Erschütterung
+	Unabhängigkeit von Tageslicht
-	Grobes Auflösungsvermögen (insbesondere Winkelauflösung)
-	Kleiner Erfassungsbereich
-	Unterscheidung und Klassifizierung von Objekten kaum möglich
-	Störeinflüsse durch Interferenz möglich (z.B. durch Fremdradar)
-	Messung in vertikaler Achse ungenau
-	Erkennung von Phantomobjekten möglich (False-Positives)

Abbildung 25: Vor- und Nachteile von Radarsensorik⁵³

Radarsysteme lassen sich im Automobilsektor unterteilen in:

- Nahbereichsradar: Objekterkennung im Bereich von 0 bis ca. 30 m
- Mittelbereichsradar: Objekterkennung bis 100m
- Fernbereichsradar Objekterkennung mit einer maximalen Reichweite von ca. 200 m (Frost & Sullivan 2012, S. 21 ff.)

Heutzutage sind im Straßenverkehr grundsätzlich vier Bandbreiten für den Radareinsatz verfügbar: 24,0-24,25 GHz, 21,65-26,65 GHz, 76-77 GHz und 77-81 GHz. Der 76-77 GHz-Bereich hat derzeit den größten Marktanteil. Das 24 GHz Band wird für den Nah- bis Mittelbereich eingesetzt und hat mittlerweile ebenfalls einen größeren Marktanteil erreicht. Aufgrund der höheren Bandbreite haben die 77 GHz-Systeme gegenüber 24

⁵³ Eigene Abbildung auf Basis von Schindler 2009, S. 40.

GHz-Systemen viele Vorteile wie eine deutlich höhere Trennfähigkeit von Objekten und einen präziser messbaren Dopplereffekt (Frequenzverschiebung zwischen gesendetem und reflektiertem Signal), der in einer höheren Genauigkeit bei der Relativgeschwindigkeitsmessung resultiert. Zudem lassen sich 77 GHz-Systeme flexibler einsetzen und kommen sowohl als Short-, Mid-, und Long Range-Radar infrage (Stroh 2014). Andererseits verfügen 24 GHz-Systeme über eine höhere Integrationsrobustheit bzw. eine geringere Sensitivität bzgl. der Abdeckungsmaterialien sowie niedrigere Kosten (Stapel 2015, S. 22ff.). Dadurch sind 24 GHz-Systeme derzeit noch für das Volumenmarktsegment interessant, allerdings ausschließlich bei passiven Warn- und Assistenzsystemen (Stapel 2015, S. 22 ff.). Ab 2018 dürfen 24 GHz-Lösungen in Europa jedoch nur noch im ISM-Schmalbandbereich und nicht mehr als UWB-Radar verwendet werden, weshalb sie künftig weiter an Relevanz verlieren werden (Stroh 2014; Experteninterview Zulieferer 3; Winner 2015b, S.259 ff.). Langfristig wird das größte Potenzial im Frequenzbereich 77-81 GHz gesehen. Bei 79 GHz-Radarsystemen (77 bis 81 GHz) kommen dank der höheren Bandbreite von 4 GHz die bereits für 77 GHz beschriebenen Vorteile (höhere Winkelauflösung, bessere Unterscheidung von Objekten u.a.) noch deutlicher zum Tragen (Experteninterview Zulieferer 3).

Von Industrie und Wissenschaft wurden bereits vielversprechende Lösungen für 79-GHz-Systeme vorgestellt, es bestehen jedoch noch F&E-Herausforderungen (z.B. im Bereich der Antennen und der breitbandigen Modulation) (Stroh 2014). Im Hinblick auf das HAF ist es aus Sicht der Automobilindustrie nötig, ein spezifisches „Automotive-Band“ für hochauflösende Radarsensoren im 79-GHz-Bereich zu standardisieren (Experteninterview Zulieferer 1). Grundsätzlich bestehen die F&E-Herausforderungen bei der Radartechnik darin, einerseits die Leistungsfaktoren wie die Genauigkeit, Auflösung, Funktionsfähigkeit bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Wetterbedingungen, Größe und Fahrzeug-Integrierbarkeit zu optimieren und andererseits die Verlustleistung zu verringern bzw. die Energieeffizienz zu erhöhen (Stroh 2014; Experteninterview Zulieferer 3). Interferenz-Effekte könnten bei einer größeren Marktdurchdringung zudem eine gesteigerte Rolle spielen. Damit sind Störeffekte gemeint, die das vom Radarsensor aufgenommene Umgebungsbild verfälschen können. Das EU-Projekt MOSARIM hatte daher zum Ziel, eine Bewertung von Radarinterferenzen im automobilen Einsatz und mögliche Gegenmaßnahmen zu erarbeiten (Research & Innovation Portal 2012).

Betrachtet wurden alle marktrelevanten Versionen von 24 GHz ISM bzw. UWB und 77 GHz Radarsystemen. Das Projektteam kam zu dem Schluss, dass eine weitere Verbreitung von Radarsystemen die Intensität der Interferenzen kaum erhöhen, jedoch die Häufigkeit von Interferenzen steigern wird. Effektive technische Gegenmaßnahmen bestehen jedoch und somit ist auch bei großer Verbreitung von automobilen Radar keine Minderung der Leistungsfähigkeit zu befürchten.

Die Kosten für Radarsensoren konnten in den letzten Jahren stark reduziert werden und liegen heute für Nahbereichsradarsensoren bei ca. 50-100 Euro, für Fernbereichsradarsensoren bei 125-150 Euro (Boston Consulting Group 2015a, S.13). Da die angestrebten 79GHz-Lösungen zunächst deutlich teurer sein werden, sind auch in diesem Bereich Kostenreduktionen nötig.

4.2.2.2 Lidar

Lidar-Sensoren (Light Detection and Ranging) dienen ebenfalls der Detektion und Entfernungsmessung von Objekten sowie der Eigengeschwindigkeitsmessung (Geduld 2012, S. 172 ff). Hinsichtlich des Messverfahrens ist die Lidar-Sensorik der Radar-Sensorik ähnlich. Lidar-Sensoren verwenden hierzu jedoch keine Mikrowellen, sondern Lichtwellen (Ultraviolett-, Infrarot- oder Strahlen aus dem sichtbaren Licht) und basieren auf dem Pulslaufzeitverfahren, bei dem ein Laserpuls in Form eines gebündelten Strahls ausgesendet wird und die Laufzeit zwischen Aussenden und Empfang des Echos gemessen wird. Dadurch lässt sich die Entfernung eines Objektes bestimmen. Wird der

Laserstrahl durch optische Systeme gebündelt, lassen sich zudem die laterale und vertikale Position des Ziels in Relation zum Sensor bestimmen. Da mit einem Laserstrahl nur eine Richtung „abgetastet“ werden kann, werden mehrere Laserdioden und/oder ein rotierendes mechanisches Spiegelsystem eingesetzt (Schindler 2009, S.45; Geduld 2012, S.172).

Es existieren zwei wesentliche Kategorien von Lidar-Sensoren. Erstens, die nach dem Mehrstrahlprinzip aufgebauten Lidar-Sensoren, welche ohne mechanisch bewegte Teile auskommen. Diese besitzen mehrere unabhängige Sendekanäle um einen definierten Winkelbereich abzutasten. Die gleiche Anzahl an Empfangskanälen empfängt die vom Objekt reflektierten Strahlen und die Elektronik wertet diese Informationen aus. Durch die Strahlbreite ergibt sich die Winkelauflösung und durch die Anzahl der Strahlen der laterale Öffnungswinkel. Die Reichweite des Systems beträgt dabei mehr als 150 m. Das zweite Konstruktionsprinzip stellen die sogenannten Laserscanner dar. Dabei werden die ausgesendeten Lichtwellen von rotierenden Spiegeln abgelenkt oder aus einem rotierenden Gehäuse heraus ausgesendet und dadurch über den zu scannenden Bereich gestreut. Der azimutale Winkel liegt dabei in der Regel bei 360°, weitere Eigenschaften sind eine Frage der technischen Spezifikation, wie z.B. die Zahl der ausgesendeten Lichtstrahlen.

Die zwei genannten Konstruktionsprinzipien unterscheiden sich demnach grundlegend in ihrem konstruktiven Grundaufbau, was auch eine hohe Preisdifferenz (vgl. Abbildung 29) bedingt.

Durch die Auslegung der Laserdioden und die mechanisch drehende Optik haben Laserscanner den großen Vorteil, dass die Winkelauflösung und der Erfassungsbereich weitgehend wählbar sind. Bei hoher Winkelauflösung und großem Erfassungsbereich ist eine 3D-Erfassung des Umfelds mit einer 360°-Abdeckung möglich (Liu 2010, S. 7). Die hohe Winkelauflösung ermöglicht außerdem eine Objektklassifikation, da die Kanten eines Objekts gescannt werden können und dadurch, neben einer Bestimmung der Objektgröße, auch eine Bestimmung des Objekttyps möglich ist (Dietmayer/Sparbert/Streller 2010, S.6). Eine Pilot-Anwendung eines auf dem Dach angebrachten 3-D-Laserscanners mit 64 Laserstrahlen wurde im „Self Driving Car“ von Google realisiert. Auch die dort verwendeten Laserscanner basieren auf dem Lidar-Prinzip. 3-D-Laserscanner sind derzeit jedoch nicht marktreif, da sie deutlich zu teuer sind⁵⁴ und die bauliche Integration⁵⁵ derzeit noch nicht zufriedenstellend gelöst werden kann.

Einfache 2-D-Lidarsysteme, welche im Mehrstrahlkonzept aufgebaut sind und ohne drehende mechanische Spiegel auskommen, werden jedoch bereits heute, beispielsweise für die aktive Notbremsung, eingesetzt. Im VW up! und Ford Focus basiert die Notbremsfunktion für niedrige Geschwindigkeiten auf diesem Sensorprinzip. Der horizontale Erfassungsbereich der Mehrstrahl-Lidar-Sensoren ist jedoch sehr eingeschränkt (z.B. 12° horizontaler Erfassungswinkel beim Hella IDIS), weshalb sich der Einsatz auf Längsführungsaufgaben beschränkt.

Der japanische Hersteller Nissan geht, wie auch Daimler und Toyota, davon aus, dass das automatisierte Fahren langfristig nicht ohne den Einsatz der präzisen Lidar-Technologie sicher zu realisieren ist. So äußerte sich Tetsuya Iijima, General Manager Intelligent Transportation Systems Engineering, Anfang 2015: „Other companys still have not decided to use a laser scanner, but we have come to the conclusion that laser

⁵⁴ Die von Google eingesetzten Lidar-Scanner mit 64 Lasern kosten ca. 60.000 Euro. Der Hersteller hat jedoch bereits ein Nachfolgesystem mit 16 Lasern für ca. 8.000 Euro präsentiert.

⁵⁵ Die Anbringung des Laserscanners auf dem Fahrzeugdach ist nicht nur mit optischen Einbußen verbunden, sondern birgt auch Sicherheitsrisiken.

scanners are required [for self-driving]“ (Bermann 2015). Ein weiteres Indiz für die künftig steigende Verwendung von Lidar-Sensoren bei verschiedenen Herstellern sind die Aktivitäten von Bosch und Valeo (Reichenbach 2013), die an kleineren Lidar-Systemen arbeiten, sowie die Ausweitung der Produktpalette des Marktführers Velodyne, der nach dem von Google verwendeten 360°-Scanner nun auch Produkte mit weniger als 64 Strahlen herstellt (Velodyne 2015). Während der Anbieter bisher jedoch noch nicht genügend Nachfrage für eine Massenproduktion am Markt sieht, hat sich das amerikanische Start-Up Quanergy das Ziel gesetzt, 2018 ein Set von kleinen Lidar-Sensoren zu einem Preis von 100 US-Dollar anbieten zu können. Das Unternehmen, welches Ende 2014 30 Millionen Dollar von Investoren einsammeln konnte, zählt bereits Mercedes, Renault-Nissan und Hyundai zu seinen Kunden (Quanergy 2015).

Lidar-Sensoren weisen folgende technische Vor- und Nachteile auf:

LIDAR: Vor- und Nachteile	
+	Eignung zur Abstandsmessung und (eingeschränkten) Objekterkennung
+	Feine Auflösung und hohe Genauigkeit im Millimeter- bis Zentimeter-Bereich
+	Unabhängigkeit von Tageslicht
+	Großer Winkelerfassungsbereich (Laserscanner)
+	Große Reichweite (bis über 200m)
+	Messung in Lichtgeschwindigkeit ermöglicht schnelles „Abtasten“
+	Sehr genaue Bestimmung von lateraler und vertikaler Entfernung
+	Genaue Bestimmung der Relativgeschwindigkeit
-	Laserscanner mit großer Bauform und hoher Anfälligkeit aufgrund mechanisch beweglicher Teile
-	Störanfälligkeit bei Staub, Regen, Spiegeleffekten Gegenlicht und lichtabsorbierenden / lichtdurchlässigen Materialien
-	Fahrbahnoberfläche beeinflusst die Rückstreuung
-	Sichtweitereinschränkung bei Nebel oder Verschmutzung
-	Objektklassifizierung nur eingeschränkt möglich

Abbildung 26: Vor- und Nachteile von Lidarsensorik⁵⁶

Lidar-Sensoren bieten die Möglichkeit, Entfernungen und Positionen der Messpunkte genau, schnell und mit hoher Reichweite zu messen. Mithilfe eines Lidar-Scanners ist sogar die Abtastung eines 3-D-Profiles möglich (Schindler 2009, S.47). Schlechte Wetterverhältnisse beeinträchtigen die Signalgüte zwar, mittels intelligenter Signalauswertelgorithmen kann dieses Problem jedoch gemildert werden⁵⁷ (Schindler 2009, S.47). Problematisch – insbesondere bei 3-D Laserscannern - sind jedoch die derzeit hohen Kosten. Daher wird die größte Herausforderung hinsichtlich des Einsatzes von Lidar-Sensorik bis 2020, neben der Reduzierung ihrer Größe sowie einer Optimierung der baulichen Integration, insbesondere die Kostenoptimierung sein.

4.2.2.3 Ultraschall

Ultraschallsensoren messen den radialen Abstand zum jeweils nächsten Objekt (Bartels/Ruchatz/Brasig 2012, S.2). Sie erzeugen eine Ultraschallwelle und erkennen und messen den Schall, der von einem Objekt reflektiert wird. Sie arbeiten somit abwechselnd als Sender und Empfänger. Ihr Messprinzip ist die Laufzeitmessung des Ultraschalls im Medium Luft. Mithilfe einer Auswertelektronik wird der Zeitraum vom Aussenden eines Schalls bis zum Eintreffen der Reflektion eines Objekts gemessen (Schindler 2009, S.37).

⁵⁶ Eigene Darstellung auf Basis von Schindler 2009, S. 46 f.; Liu 2010, S. 7; Bartl 2012, S.6.

⁵⁷ Dennoch wurden die Google-Tests ausschließlich bei gutem Wetter durchgeführt.

In der Fahrzeugtechnik wurde die Ultraschallsensorik erstmals im Jahr 1992 eingeführt. Ihre Hauptanwendung ist die Einparkassistenten. Ultraschallsensoren kommen neben der Anwendung in Parkassistenten zunehmend bei weiteren Funktionen zum Einsatz, z.B. zur Überwachung von Fahrzeugen auf der Nebenspur für „Totwinkel-Assistenten“ bzw. „Überholassistenten“ (Noll/Rapps 2015, S. 243 ff.). Um mögliche Messfehler (Noll/Rapps 2015, S.243 ff.) zu vermeiden, wird in der Regel ein Redundanzsystem mit mehreren Ultraschallsensoren eingesetzt (Noll/Rapps 2015, S. 243 ff.). Die Relevanz von Ultraschallsensoren für HAF auf Autobahnen ist begrenzt, da sie nur Objekte im Nahbereich identifizieren können (Frost & Sullivan 2012, S.15). Ihre Rolle für die Autobahnfahrt besteht allenfalls darin, Funktionen wie Spurwechselassistenten zu unterstützen bzw. mittels Sensordatenfusion zusätzliche Informationen zu den radar- und kamerabasierten Technologien zu liefern.

Ultraschallsensoren weisen folgende technische Vor- und Nachteile auf:

Ultraschall: Vor- und Nachteile	
+	Kompaktheit und einfache bauliche Integration
+	Robustheit gegenüber Nebel, Dampf und Schmutz
+	Funktionsfähigkeit bei Nacht
-	Langsame Messung
-	schlechte Geschwindigkeitsermittlung
-	horizontale und vertikale Auflösung niedrig
-	Interferenzen bei mehreren Ultraschallsensoren
-	Aufgrund der geringen Reichweite nur für kurze Distanzen einsetzbar (bei höherer Reichweite große Ungenauigkeit)
-	Unzuverlässigkeit bei Regen und Schnee
-	Keine ausreichend genaue Lokalisierung eines Messobjektes in lateraler und vertikaler Richtung möglich

Abbildung 27: Vor- und Nachteile von Ultraschallsensorik⁵⁸

Ultraschallsensoren weisen mit Kosten in Höhe von ca. 10-20 Euro pro Stück (Boston Consulting Group 2015a, S. 13) eine positive Kosten/Nutzen-Relation auf, sind sehr robust und kompakt, lassen sich einfach an spezifische Kundenanforderungen anpassen und unauffällig in Fahrzeugen verbauen (Noll/Rapps 2015, S. 243ff.). Allerdings sind sie unter ungünstigen Witterungsverhältnissen, z.B. Regen und Schnee, unzuverlässig (Frost & Sullivan 2012, S.58). Die nächsten Entwicklungsschritte bei der Ultraschallsensorik sind die verbesserte Filterung störender Objekte, die bessere Eigendiagnosefähigkeit und eine Verkürzung der Mindestmessentfernung.

⁵⁸ Eigene Darstellung auf Basis von Schindler 2009, S. 40; Noll/Rapps 2015, S. 243 ff.; Bartl 2012, S.6.

4.2.2.4 Kamerasensorik

Das wichtigste Ziel der Kameranutzung ist die Erkennung und Klassifizierung von Verkehrsteilnehmern und deren Intentionen sowie die Identifikation von Verkehrszeichen, Fahrbahnmarkierungen und dem Fahrbahnzustand. Kameras liefern ein räumliches Abbild der Verkehrssituation vor dem Fahrzeug, indem sie die Ausdehnung (Kontur) von Objekten und die laterale Position von Begrenzungslinien relativ zum eigenen Fahrzeug messen. Objekte werden beispielsweise durch ein Rechteck und die Fahrbahn durch zwei Begrenzungslinien repräsentiert (Bartl 2012, S.4; Cieler et al. 2014, S.20 ff.). Kamerasysteme erreichen eine dem menschlichen Auge ähnliche spektrale, räumliche und temporäre Auflösung (Punke et al. 2015, S. 348). Nach der Einführung von Rückfahrkameras in Fahrzeugen als erste Anwendung haben sich die Einsatzfelder von Kamerasystemen vervielfacht, wobei die Preise bei steigender Datenqualität gesunken sind. Während auch im Innenraum vermehrt Kamerasysteme genutzt werden, um den Fahrerzustand zu erkennen und innovative Bedienkonzepte umzusetzen, werden im Folgenden die Systeme zur optischen Umfelderkennung näher beschrieben.

Monokamera und Stereokamera

Abhängig davon, ob zur Unterstützung der Fahrerassistenzsysteme eine einzelne Kamera (Monokamera-System) oder mehrere Kameras (Stereokamera-System) eingesetzt werden, ändert sich die Berechnungsgrundlage, mit der die FAS Informationen extrahieren und Entscheidungen treffen bzw. unterstützen. Wird das Monokamera-System im Fahrzeug eingebaut, normalerweise in der Mitte der Windschutzscheibe, so werden detektierte Objekte mittels Mustererkennung oder der Merkmalverfolgung einer Bildsequenz erkannt und klassifiziert. Problematischer und unpräziser stellt sich die Entfernungsmessung dar. Hier wird das erfasste Bild gegen programmierte Modellannahmen geprüft, welche in schwierigen Verkehrsszenen, z.B. im unstrukturierten Stadtverkehr, von der Realität abweichen können (Liu 2010, S.5).

Stereokameras werden in der Regel nebeneinander hinter der Windschutzscheibe montiert und ähneln der Funktionsweise des menschlichen Auges. Entweder führen sie gleichzeitig die Bildaufnahme durch oder sie werden synchronisiert, um ein Bilderpaar zusammenzulegen und damit ein dreidimensionales Bild zu erstellen, welches die genaue Objektentfernung bestimmt (Liu, 2010, S.5). Eine Herausforderung dieser Systeme ist, dass sie versteckte oder einfarbige Objekte oft nur unzureichend erkennen. Außerdem sind das Kalibrieren der Kameras und die Algorithmen für die 3D-Bildherstellung sehr aufwendig (De Locht/Van den Broeck 2014, S. 267).

Die meisten Kamerasysteme, die heute im Serieneinsatz sind, basieren auf monokularer Bildverarbeitung. Auch in den nächsten Jahren werden Monokameras vorherrschend sein, wobei die Verbreitung von Stereokameras zunimmt (Whydell/Heinrichs-Bartscher 2014, S.24 ff.). Aufgrund der Verbesserungen der Monokameras haben sich die Vorteile von Stereokameras in den letzten Jahren jedoch relativiert (Whydell/Heinrichs-Bartscher 2014, S.24 ff.). Monokameras verfügen inzwischen über verbesserte Algorithmen und deutlich höhere Auflösungen als früher. Da sie zudem kleiner und kostengünstiger als Stereokameras sind (Naumann/Bläsing 2014), ist der Einsatz von Stereokameras auch für HAF nicht zwangsläufig notwendig (Whydell/Heinrichs-Bartscher 2014, S.24 ff.). In Kombination mit einem Radar und der passenden Software ist auch mit Monokameras dreidimensionales Sehen und eine 360°-Sensierung möglich (Naumann/Bläsing 2014; Whydell/Heinrichs-Bartscher 2014, S.24 ff.).

Kameras weisen folgenden technische Vor- und Nachteile auf:

Kameras: Vor- und Nachteile	
+	Hohe Winkelauflösung sowohl in lateraler als auch in vertikaler Richtung
+	Gute Eignung zur Objekterkennung und Objektklassifikation
+	Bei einer Stereokamera gute Eignung zur Relativgeschwindigkeitsmessung
+	Skalierbarkeit des Funktionsumfangs durch Anpassung der Software
+	Geringe Komplexität der Sensorhardware (Monokamera)
+	Aufzeichnung der Umgebungsszenerie mit einem hohen Detailgrad
+	Kompakte Bauweise (Monokamera)
-	Leistung hängt stark von Tageslicht bzw. guter Beleuchtung ab / Nachts zusätzliche Beleuchtung bzw. Wärmebildkamera erforderlich
-	Bei schlechten Wetterbedingungen (Nebel, Gewitter) sinken Detektionsrate und Reichweite

Abbildung 28: Vor- und Nachteile von Kamerasensoren⁵⁹

Stereokameras bringen erhebliche Herausforderungen bezüglich der dreidimensionalen Bildgebung mit sich (Buxbaum et al. 2012, S.187). Sie haben Nachteile bei der Erfassung von teilweise verdeckten Objekten, die eine gleichmäßige Farbe aufweisen. Zudem wird eine hohe Datenverarbeitungskapazität benötigt (Koers 2014).

TOF-Kameras können mittels des Laufzeitverfahrens (Time-of-Flight) Distanzen messen und damit 3D-Bilder erstellen. Das Time-of-Flight-Prinzip ähnelt dem von Radar und Lidar. Mit der ToF-Technik können große Echtzeit-Datenmengen schnell und mit geringem Rechenaufwand verarbeitet werden (Koers 2014). Weitere Vorteile von 3D-ToF-Kameras sind ihre kompakte Größe und ihr günstiger Preis⁶⁰ aufgrund der minimierten Rechenleistung für die Bildnachbearbeitung (Dilba 2009, S. 66f.). Sie können bis zu 100 Bilder pro Sekunde erzeugen, die auch bei hochdynamischen Verkehrsszenen und hohen Eigengeschwindigkeiten nicht an Qualität verlieren (Buxbaum et al. 2012, S.188). Hauptnachteil der Technologie ist die geringe Auflösung. Dadurch ist beispielsweise eine zuverlässige Personenerkennung nur bis zu max. 40-60 Meter möglich. Time-of-Flight-Kameras werden heute u.a. in Spielkonsolen der Unterhaltungselektronik eingesetzt. Geeignete Anwendungen für ToF-Sensoren im Rahmen von HAF sind ACC Stop&Go, Fußgängerdetektion, automatische Notbremse sowie HMI-Funktionen wie linke/rechte Handerkennung und -orientierung im Fahrzeuginnenraum oder die Fahrerzustandserfassung (De Locht/Van den Broeck 2014, S. 267 f.; Buxbaum et al. 2012, S.188).

Fazit:

Die Kriterien der EU NCAP für 2017 werden für eine weitere Verbreitung von Kamerasensoren führen (Naumann/Bläsing 2014). In Kombination mit den verhältnismäßig niedrigen Preisen für Kameras und dem guten Packaging v.a. von Monokameras ist von einer steigenden Bedeutung von kamerabasierten Assistenz- und

⁵⁹ Eigene Darstellung auf Basis von Liu 2010, S. 6; Bartl 2012, S.4.

⁶⁰ Die Kosten werden auf ca. 100 Euro pro Stück geschätzt.

Automatisierungssystemen auszugehen. Zudem sind durch die fortschreitende Erhöhung der Rechenleistung und die damit verbesserte Bildverarbeitung noch weitreichende Entwicklungsschritte im Bereich der Kamerasensorik zu erwarten.

4.2.3 Multisensorische Systeme und Sensordatenfusion

Zunehmend ist zu beobachten, dass verschiedene Sensortypen (auch baulich) integriert werden. Insbesondere Multi-Sensorik-Systeme, die auf einer Integration von Radarsensoren in Kameras basieren, haben erhebliche Potenziale. Mithilfe dieser Lösung können sowohl die Objektentfernung als auch die Objektgröße mit hoher Genauigkeit bestimmt werden (Weber 2012, S.25). Zudem werden durch die optimierte Abstimmung des Multisensorik-Konzepts und ggf. eine Abrüstung des Radars Kostenoptimierungen möglich, so dass die Systeme dadurch auch für die Kompaktklasse realisierbar werden (Vollmer 2014, S. 19; Winner 2015b, S. 314).

Ein anderer Ansatz zur Technologieintegration ist die Sensordatenfusion. Der Unterschied liegt darin, dass es sich hier nicht um eine Integration der Komponenten bzw. Sensoren in ein Gerät handelt, sondern um die Fusion der von den einzelnen Sensoren gelieferten Informationen (Darms 2010, S.176; Mujica 2014, S.4; Reif 2010, S. 86 f.). Für eine ganzheitliche Erfassung der Fahrzeugumgebung ist dieses Prinzip fundamental. Umfeldsensoren werden dadurch nicht mehr monofunktional und applikationsspezifisch eingesetzt, sondern können durch entsprechende Algorithmen verschiedene Funktionen realisieren.

4.2.4 Technische Reife und Handlungsbedarf

Die Umfeldsensorik wurde in den letzten Jahren deutlich leistungsstärker und günstiger und stellt kein grundsätzliches Hindernis für eine Realisierung des hochautomatisierten Fahrens auf Autobahnen dar. Insbesondere um HAF-Systeme mittelfristig auch für das Volumensegment interessant zu machen, sind jedoch weitere Kostensenkungen im Bereich der Sensorik nötig. Im Besonderen gilt dies für Lidarsensoren, für die im Vergleich zu anderen Sensorarten die größten Skalen- und Erfahrungskurveneffekte erwartet werden.

Eine Integration und Modularisierung von Assistenzfunktionen durch die Anbindung an hochperformante zentrale Steuergeräte ist ein weiterer wichtiger Entwicklungsschritt zur fortschreitenden Automatisierung. Hierzu muss die heutige Sensorik per Datenfusion und/oder Multisensorik-Lösungen integriert werden. Es müssen weitere Redundanzen eingerichtet und eine höhere Detektionsgenauigkeit und energetische und bauliche Effizienz erreicht werden.

Keine Sensortechnik kann derzeit alle notwendigen Anforderungen für HAF alleine erfüllen, da die verschiedenen Sensortechnologien physikalisch bedingte Stärken und Schwächen aufweisen (De Locht/Van den Broeck 2014 S. 267f.; Buxbaum et al. 2012, S.188). Ein Überblick zu den zentralen Funktionsaspekten und Kosten der Sensortypen verdeutlicht, neben den bereits im Text dargestellten Vor- und Nachteilen der Sensortypen, deren wesentliche Unterschiede:










					
Sensortyp	Radar	Kamera	Ultraschall	Lidar (Mehrstrahl)	Lidar (Laserscanner)
Öffnungswinkel	20-70°	50-70°	30-50°	10-30°	180-360°
Maximale Reichweite	50-200 m	50-150 m	2-5 m	10-150 m	150-200 m
Haupt-Messgrößen	Abstand, Relativgeschwindigkeit	Objektkontur, Winkel	Abstand	Abstand, Winkel	Abstand, Winkel, Objektkontur
Umfeldmodell					
Kosten	50-150 Euro	100-200 Euro	10-20 Euro	80-250 Euro	10.000 – 60.000 Euro

Abbildung 29: Zentrale Kenngrößen der betrachteten Sensortechnologien⁶¹

Die Sensor-Technologien sind in vielen Fällen komplementär (Stapel 2015, S.24). Ultraschallsensoren sind sehr günstig, können aber nur im Nahbereich angewendet werden. Kameras sind für die Entfernungsmessung nicht präzise genug, haben jedoch eine sehr gute laterale Auflösung, so dass die nachgeschaltete Bildverarbeitungseinheit eine Abschätzung der Objektgröße durchführen kann (De Locht/Van den Broeck 2014 S. 267 f.; Buxbaum et al. 2012, S.188; Weber 2012, S.25). Radarsensoren haben hingegen eine grobe Winkelauflösung, ermöglichen jedoch eine gute Abstandsmessung und sind im Gegensatz zu Kameras witterungsunabhängig. Andererseits ermöglichen Kameras zusätzliche endkundenrelevante Funktionen wie Fernlichtassistenz oder Verkehrszeichenerkennung (Stapel 2015, S.24). Derzeit lassen sich hingegen mit Radarsystemen mehr Punkte beim Euro-NCAP-Test erzielen als mit einer Kamera (Stapel 2015, S.24). Zwischen Radar und Lidar besteht zwar, aufgrund der ähnlichen Funktionsweise, grundsätzlich eine Konkurrenz, im Hinblick auf HAF sind ihre unterschiedlichen Eigenschaften jedoch komplementär (Winner 2015b, S.314). Da sich die verschiedenen Sensortechnologien gut ergänzen und aufgrund der Redundanzanforderungen werden beim HAF immer verschiedene Sensorsysteme zum Einsatz kommen. Auch die angestrebten 79-GHz-Radar-Systeme werden andere Sensortechniken nicht vollständig verdrängen (Ongena/Markt&Technik 2007).

Aufgrund der Unterschiede hinsichtlich Funktionalität und Kosten bei den verschiedenen Sensorsystemen ergibt sich je nach Fahrzeugklasse, Automatisierungsgrad bzw. Funktionsumfang der Automatisierungssysteme ein anderer optimaler Sensor-Mix. Zur Realisierung von HAF wird entweder ein Sensorset aus Stereokamera und mehreren Radarsystemen oder eine Kombination aus Lidar mit

⁶¹ Eigene Abbildung auf Basis von Bartels 2012, S.2; Boston Consulting Group 2015a, S.13; Unternehmensangaben.

einer Kombination aus Radar und Monokameras erwartet (Boston Consulting Group 2015a, S.13; Herrtwich 2013).

Eine Kombination aus Radar, Kamera und Lidar wird von den meisten Industrievertretern als notwendig erachtet (Experteninterview Zulieferer 1/2/3). Für HAF wird eine Redundanz in der Umfelderkennung benötigt, die unter normalen Umständen durch Video und Rader gegeben ist. In Sondersituationen (z.B. bei einer Fahrt auf einem Abschnitt mit starker Sonneneinstrahlung in einen unbeleuchteten Tunnel) kann die Videokamera ausfallen. Um dauerhafte Redundanz sicherzustellen ist also ein drittes Sensorprinzip nötig (Experteninterview Zulieferer 3). Einerseits wird der Einsatz der Lidartechnologie als wahrscheinlich angesehen, andererseits ist fraglich, ob eine kostenseitig wettbewerbsfähige Realisierung möglich ist. Die Lidarsensoren, die seitens der Industrie für HAF erwartet werden, entsprechen nicht den von Google eingesetzten Laserscannern, sondern sind kleinere Ausführungen mit Öffnungswinkeln von ca. 140°. Um dennoch eine 360°-Sensierung zu erreichen, könnten mehrere Lidarsensoren eingesetzt werden (Experteninterview Zulieferer 1/2).

Abbildung 30 zeigt die Wirkbereiche der verschiedenen Sensortechniken in einem HAF-Fahrzeug.

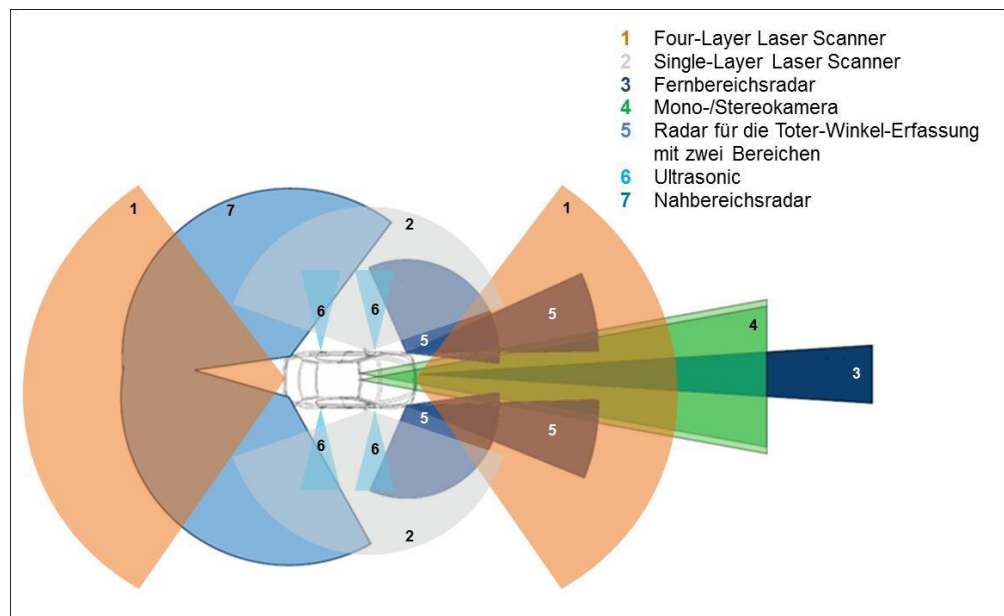


Abbildung 30: Wirkbereiche der Umfeldsensoren⁶²

Zwar besteht grundsätzliche Einigkeit darüber, dass neben Radar und Kamera Lidar als drittes Sensorprinzip für ein zuverlässiges Umfeldmodell eingesetzt werden sollte. Allerdings könnte es in den nächsten Jahren zu Weiterentwicklungen im Bereich einzelner Sensortechniken kommen, sodass die Anzahl der Sensoren bzw. der Sensorsysteme reduziert werden kann. Insbesondere die heute bereits sehr günstigen kamerabasierten Lösungen deuten erhebliche Innovationspotenziale an. An der University of Michigan wurde beispielsweise ein innovatives, cloudbasiertes System für automatisierte Fahrzeuge entwickelt. Es basiert auf einem Kamerasystem, 3D-Karten, schneller Datenverarbeitung und leistungsstarken Softwarealgorithmen, wobei letztere den Großteil des Entwicklungsaufwands erzeugen.

⁶² Eigene Darstellung nach Cieler et al. 2014, S. 26

Die Fahrzeuge kommen ohne aufwendige Radar- oder Lidarsensorik im Fahrzeug aus. Die Lidar-Technologie wird jedoch genutzt, um die Karten zu erstellen (Johnson 2015). Perspektivisch sollen mit dem System automatisierte Low-Cost-Fahrzeuge möglich werden. Auch weitere Lösungen für hochautomatisiertes Fahren ohne Radar und Lidar wurden bereits angekündigt.⁶³ Sony plant zudem für Ende 2015 einen Kamerasensor, der bis zu einer Lichtstärke von 0,005 Lux Farbbilder für Fahrerassistenzsysteme liefern kann (Golem 2015).

- **Die für HAF nötigen Sensorikkomponenten haben sich in den letzten Jahren – auch durch ihre Verwendung in FAS – weiterentwickelt. Insbesondere für Radar- und Kamera-Systeme konnten die Kosten weiter gesenkt und die Leistungsfähigkeit erhöht werden**
- **Lidarsensorik spielt in der Form von Laserscannern eine wichtige Rolle bei vielen Versuchsträgern. Die sehr hohen Kosten und die schlechte bauliche Integrierbarkeit machen jedoch einen Konzeptwechsel nötig hin zu Konstruktionen, welche auf rotierende mechanische Spiegelemente verzichten**
- **Ultraschallsensorik spielt für HAF auf der Autobahn aufgrund seiner kurzen Reichweite und mangelnden Präzision eine untergeordnete Rolle. Denkbar ist ein ergänzender Einsatz im Seitennahbereich**
- **Durch fortgeschrittene Algorithmen in der Bildverarbeitung bauen Monokameras ihre Einsatzmöglichkeiten aus. Im Markt befindliche Frontkollisionswarnung-Systeme, welche nur auf eine Monokamera als Sensor vertrauen, unterstreichen diesen Trend**
- **Für die Umfelderkennung ist eine Sensorredundanz unumgänglich. Die physikalisch bedingten unterschiedlichen Eigenschaften der Sensoren lassen sich dadurch komplementär ergänzen**
- **Als ein wahrscheinlicher Sensor-Mix zeichnet sich eine Kombination aus Kamera, Radar und Lidar ab.**

4.3 Aktorik

Das hochautomatisierte Fahren auf Autobahnen setzt voraus, dass die Befehle zur Fahrzeugführung von der zentralen Recheneinheit des Fahrzeugs anstatt vom Fahrzeugführer an die Aktorik kommuniziert werden. So verlieren mechanische Impulse zur Durchführung eines Lenk-, Brems-, Schalt- oder Beschleunigungsmanövers an Relevanz und werden durch fahrzeuginterne elektrische Signale ersetzt. Je nach Systemauslegung ist es möglich, eine mechanische Schnittstelle zum Fahrer für die Längs- und Querführung beizubehalten, was dem heutigen technologischen Stand entspricht, oder diese gemäß eines X-by-Wire-Ansatzes⁶⁴ vollständig zu entfernen.

⁶³ Das von TRW entwickelte System Tri-Cam4 gilt als High-End-Kamera für teilautomatisierte Fahrfunktionen wie Autobahn- oder Stauassistenten. Sie wird mit drei Kameralinsen ausgestattet sein: einer Fischaugenlinse für den Nahbereich, einer für mittlere Reichweite und einer für die Datenfusion mit Radarsensoren in Entfernungen von bis zu 250 m (TRW 2014).

⁶⁴ Der Ansatz der Elektrifizierung von Systemen für die Quer- und Längsführung eines Fahrzeugs wird als Drive-by-Wire oder X-by-Wire gekennzeichnet. Die Nutzung des „by-Wire“ Konzepts im Automotive-Bereich geht auf „Fly-by-Wire“-Systeme im Flugverkehr zurück (Kanekawa 2005, S. 1).

Systeme mit partieller Elektrifizierung, beispielsweise einer elektrohydraulischen Bremse, können als erste Stufen einer by-Wire-Technologie betrachtet werden (Bayer/Büse/Piller 2012, S. 271). Folgende Systeme zur Längs- und Querführung eines Fahrzeugs zählen zu den by-Wire-Konzepten:

- **Throttle-by-Wire: Elektrisches Gaspedal** (Borgwart 2007)
- **Brake-by-Wire: Elektrische Bremse** (Bayer 2012, S.271ff.; Continental 2015b; Bertram/Torlo 2012, S.12)
- **Shift-by-Wire: Elektrische Schaltung** (Ahrens 2014, S.8; Kirchner/Sollart/Rübsam 2009, S. 282; Hanser Automotive 2007; Hohlfeld 2014, S.28; Hall/Bock 2001, S. 714f.)
- **Steer-by-Wire: Elektrische Lenkung** (Frost & Sullivan 2014d; Reimann/Brenner/Büring 2012, S. 287)

4.3.1 Elektronische Beschleunigungsregelung

Beim konventionellen Gas- bzw. Fahrpedal überträgt eine mechanische Verbindung (Bowdenzüge, Koppelgestänge) den Gasbefehl an die Gemischaufbereitung. Das elektronische Gaspedal sendet einen elektronischen Impuls an das Motorsteuergerät, das die Gemischaufbereitung und Motorsteuerung optimal koordiniert. Bei der Ausstattung mit einer adaptiven Geschwindigkeitsregelung ist ein **elektronisches Gaspedal** zwingend erforderlich, um das Motormoment automatisiert regeln zu können. Daher verfügen heutige Fahrzeuge bereits über eine elektronisch ansteuerbare Beschleunigungsregelung (Seat 2015). Soll eine Beschleunigung automatisiert eingeleitet werden, ist es notwendig, entsprechende Kennlinien festzulegen. Auch diese Funktion ist bei aktiven Geschwindigkeitsregelsystemen bereits umgesetzt.

4.3.2 Bremssysteme für hochautomatisiertes Fahren

Während unabhängig von der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge bereits ein Anstieg des Elektronikanteils in Bremssystemen zu beobachten ist, ist davon auszugehen, dass die Fahrzeugautomatisierung die weitere Elektrifizierung im Bereich der Bremsanlagen zusätzlich fördern wird. Die Einführung der **elektrohydraulischen Bremse (EHB)** hat bereits das Ziel erreicht, den Fahrer während des Bremsvorgangs zu unterstützen bzw. teilweise zu entlasten. Die **elektromechanische Bremse (EMB)** bildet die nächste und umfassendere Stufe im Brake-by-Wire Ansatz, denn dieses System kann sowohl die Signal- als auch die Energieübertragung rein elektrisch durchführen. Als Konsequenz ergibt sich der Entfall der bisher erforderlichen Bremsflüssigkeit, weswegen dieses System als „trockenes Brake-by-Wire“ bekannt ist (Bayer 2012, S. 271).

Abbildung 31 zeigt die Architektur einer EMB nach Bayer (Bayer 2015, S.579).

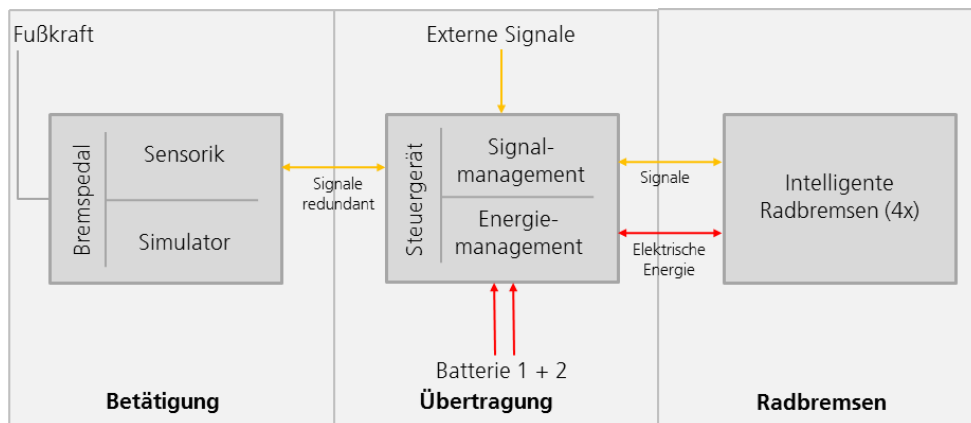


Abbildung 31: Layout der elektromechanischen Bremse

Grundsätzliche Vorteile der EMB sind die mögliche Integration der Parkbremse, die geringere Baugröße und der geringe Montageaufwand sowie der fast geräuschlose Betrieb des Bremssystems während des Einsatzes des ABS (Continental 2015b) und die vollständige Fremdansteuerfähigkeit für Fahrerassistenzsysteme (Bayer 2012, S. 276). Ein Beispiel für ein elektronisches Bremssystem für elektrifizierte und automatisierte Fahrzeuge stellte das Unternehmen Bosch Anfang 2015 auf dem Vehicle Intelligence Marketplace in Las Vegas vor. Dieses System wird in Verbindung mit einem Autobahnpiloten eingesetzt und kann beispielweise vollautomatisierte Bremsungen durchführen, wenn das Fahrzeug in einer Kolonne mit einer maximalen Geschwindigkeit von 60 km/h fährt (Bosch 2015e). Es muss allerdings betont werden, dass elektronische Bremssysteme sehr hohe Anforderungen an die Ausfallsicherheit stellen. Elektronische Komponenten müssen nach dem fail-safe⁶⁵ oder fail-operational⁶⁶ Redundanzansatz konstruiert werden. Des Weiteren müssen gewisse Bauteile, vor allem die Sensorik und Aktorik an den Radbremsen, strenge Anforderungen an Robustheit gegenüber Umgebungs- und Wetterbedingungen erfüllen.

4.3.3 Getriebe für hochautomatisiertes Fahren

Abhängig davon, welche Fahrerassistenzsysteme in das Fahrzeug eingebaut werden, bzw. welcher Grad an Automatisierung angestrebt wird, kommen unterschiedliche Getriebe-Konfigurationen infrage. Elektromechanische Getriebe mit automatisierten Fahrtrichtungswechseln sind insbesondere für eine vollständige Einparkautomatisierung nötig, da die Schaltvorgänge komplett automatisiert sein müssen (Ahrens 2014, S. 3ff.).

Für HAF auf Autobahnen ist der Einsatz eines Shift-by-Wire Systems nicht zwingend erforderlich. Hierfür ist der automatisierte Gangwechsel innerhalb des D-Modus (Drive) durch ein herkömmliches **Automatik-Getriebe** ausreichend. Die Stellungen N (neutral), R (rückwärts) und P (Parksperr) könnten weiterhin vom Fahrer manuell betätigt werden. Nichtsdestotrotz sollte in Erwägung gezogen werden, dass die Einführung anderer „by-Wire“-Konzepte für die automatisch geführte und elektronisch gesteuerte Beschleunigung, Bremsung und Lenkung im automatisierten Fahrzeug auch eine Entscheidung für das Shift-by-Wire Konzept nach sich ziehen könnte.

⁶⁵ Unter fail-safe versteht man einen sicheren Systemzustand, der bei Ausfällen oder Fehlerfällen eingenommen werden kann.

⁶⁶ Systeme, die im Fehlerfall einen Notbetrieb ermöglichen, werden als fail-operational bezeichnet.

4.3.4 Lenkstellensysteme für hochautomatisiertes Fahren

Die **elektrische Servolenkung** oder **Lenkunterstützung** (Electronic Power Steering **EPS**) ist das modernste und effizienteste Lenksystem mit einer weitgehenden Marktdurchdringung. Um das automatisierte Fahren durch EPS zu ermöglichen ist es erforderlich, Redundanzsysteme im Lenksystem einzusetzen. Diese Systeme stellen beim Ausfall der Unterstützfunktion durch das EPS sicher, dass das Fahrzeug sicher weitergefahren oder zum Stehen gebracht werden kann. Der Redundanzgrad ist davon abhängig, ob das Fahren teil-, hoch- oder vollautomatisiert erfolgt. Für teilautomatisiertes Fahren ist ein „fail-safe Mode“ ausreichend, da der Fahrer bei Ausfall/Abschaltung der Assistenzfunktion jederzeit für eine Übernahme bereit sein muss. Am Beispiel der aktiven Querführung mit einem konventionellen Lenksystem (mechanische Lenksäule plus EPS) bedeutet dies folgendes: Im Falle eines Ausfalls der elektrischen Servolenkung wird der aktive Spurhalteassistent sofort deaktiviert und der Fahrer mit einem Warnhinweis zur Übernahme aufgefordert. Beim konventionellen Lenksystem besteht mit der Lenksäule eine rein mechanische Rückfallebene, wodurch dieser Aufbau als eingeschränkt fail-operational zu bezeichnen ist. Eingeschränkt, da eine Weiterfahrt möglich, eine Funktionseinbuße (Degradation) jedoch gegeben ist. Bei einer automatisierten Querführung im Rahmen der HAF-Funktion, kann bei einem Ausfall des Lenkservos die Fahraufgabe nicht ohne Vorwarnzeit an den Fahrer übertragen werden. Stattdessen muss ein Redundanzsystem eingesetzt werden und, bezogen auf die Aktorikkomponente, ein vollständiger fail-operational Mode gewährleistet sein. Ein konventionelles Redundanzkonzept ist die Verbauung von zwei parallelen Elektromotoren, welche voneinander unabhängige Steuergeräte und Stromversorgungen besitzen und die Lenksäulenaktuation jeweils einzeln erfüllen können (Mayer 2011). Diese, nach dem so genannten Duo-Duplex-Prinzip aufgebaute Systemarchitektur, besitzt pro Subsystem eine Überwachungseinheit und die Subsysteme sind jeweils fail-safe ausgeführt, so dass der Aktuator entweder richtig oder gar nicht angesteuert wird (Temple/Vilela 2014). Aus längerfristigen Sicherheitsbetrachtungen ist es wichtig zu wissen, ob beide Subsysteme einsatzfähig sind, da bei längerfristigem Ausfall eines Subsystems die Fehlertoleranz des Gesamtsystems verloren geht. In diesem Fall wird eine Reparatur oder ein Austausch notwendig. Der Stand der Technik bietet viele Redundanzkonzepte, welche sich in Kosten und Packaging-Möglichkeiten unterscheiden. Mechanische Rückfallebenen haben in HAF-fähigen Fahrzeugen weniger Relevanz, da im HAF-Modus im Fehlerfall nicht unmittelbar auf den Fahrer zurückgegriffen werden kann, um die rein mechanischen Komponenten zu bedienen.

Schon heute ist eine Übernahme der Lenkfunktion durch das Fahrzeug unter gewissen Rahmenbedingungen möglich. Ein Beispiel stellt das Einparken mithilfe des Parkassistenten dar, wobei der Vorgang aus rechtlichen Gründen vom Fahrer aktiv ausgelöst und mit Geschwindigkeiten von maximal 10 km/h erfolgen muss. Hierbei sind zwei Aspekte relevant: 1) Der Fahrzeugführer muss aktiv einen Befehl für die Übernahme der Lenkung, zum Beispiel durch das Betätigen eines Knopfes, erteilen und 2) ein Parkmanöver wird in der Regel mit einer niedrigen Geschwindigkeit durchgeführt. Für die automatisierte Lenkung darf derzeit jedoch der in der ECE-Regelung Nr. 79 festgelegte Wert von 10 km/h maximal um 20% überschritten werden (UN 2005, S. 14). Die Freigabe der automatisierten Lenkung über das Einsatzfeld der Einparkhilfe hinaus, bzw. für hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen, bedarf einer Untersuchung der technischen Risiken und Möglichkeiten unter typischen Autobahnbedingungen.

Die elektrische Servolenkung bildet die Grundlage für die Umsetzung des **Steer-by-Wire-Konzepts**. Dieses System besitzt die Fähigkeit, die Lenkung vom mechanischen Eingriff durch den Fahrer (Lenkmanöver am Lenkrad) zu entkoppeln, so dass die Lenkung lediglich von elektrischen Impulsen ausgeht. Im Jahr 2014 wurde das erste

PKW-Modell mit Steer-by-Wire in Europa, Nordamerika und Japan eingeführt (Frost & Sullivan 2014d; S. 49).

4.3.5 Technische Reife und Handlungsbedarf

Hochautomatisiertes Fahren kann mit den heute in Serie verfügbaren aktorischen Systemen (elektrische Servolenkung, elektrohydraulische Bremse, Automatikgetriebe und elektronisches Gaspedal) eingeführt werden. Redundanzlösungen – die bedingt durch die HAF-Funktion und den damit verbundenen Wegfall des Fahrers als Kontrollinstanz nicht auf einer rein mechanischen Rückfallebene beruhen können - sind in den jeweiligen Systemen unabdingbar und stehen, im Rahmen der Entwicklungstätigkeiten zur Sicherstellung der funktionalen Sicherheit, in den nächsten Jahren im Fokus.

Der langfristige Trend geht in Richtung einer vollständigen Elektrifizierung der Aktorik. Mit X-by-Wire-Systemen gehen diverse Freiheitsgrade im Bereich des Fahrzeugdesigns einher. Insbesondere im Fahrzeuginnenraum sind, aufgrund der Entkoppelung von mechanischen Schnittstellen zum Fahrer, gänzlich neue Gestaltungskonzepte denkbar. Hieraus würden zukünftig auch ein geringeres Gesamtgewicht und eine einfachere Endmontage resultieren. Einer umfänglichen Einführung stehen jedoch, neben rechtlichen Barrieren, noch mehrere technische Herausforderungen in den Bereichen der funktionalen Sicherheit und der Feedbacksysteme für den Fahrer entgegen. Die Systemrobustheit und eine zuverlässige Selbstdiagnose sind wichtige Themen, die es im Bereich einer ISO-26262 gerechten Aktorik weiterzuentwickeln gilt.

- **Mechanische Verbindungen zur Durchführung von Lenk-, Brems-, Beschleunigungs-, und Schaltbefehlen nehmen zugunsten von elektrischer Signalübertragung zusehends ab**
- **Durch X-by-Wire-Systeme ergeben sich bezüglich des Fahrzeugpackagings und der Fahrzeuginnenraumgestaltung neue Gestaltungsfreiräume**
- **Hochautomatisiertes Fahren kann mit heute schon in Serie verfügbaren Aktoriksystemen grundsätzlich umgesetzt werden, wobei zusätzliche Redundanzmaßnahmen zur Gewährleistung der Ausfallsicherheit notwendig sind**
- **Die Absicherung der funktionalen Sicherheit steht daher im Fokus der Entwicklungstätigkeiten im Bereich der Aktorik**

4.4 Unfalldatenspeicher

Wie aus der rechtlichen Analyse des vorliegenden Gutachtens ersichtlich (siehe Kapitel 5), ist es mittlerweile auch unter Experten der Automobil- und Versicherungsbranche Konsens, dass Unfalldatenspeicher eine Zulassungsvoraussetzung für hochautomatisierte PKW sein werden. Automobilhersteller, Versicherungen und Fahrzeughalter müssen im Falle eines Unfalls zweifelsfrei die Frage nach Schuld und Verantwortung beantworten können. Hierbei werden Fragen nach dem Unfallhergang, der situativen Verfassung des Fahrers und nach der Funktionstüchtigkeit der elektronischen Systeme eine zentrale Rolle in der juristischen Bewertung einnehmen (Lutz 2015, S. 119 ff.). Der vorgeschriebene Einbau von Datenschreibern wird in Deutschland und der EU seit Jahrzehnten wiederholt diskutiert, da man sich von einer entsprechenden Vorschrift einen positiven Einfluss auf die Verkehrssicherheit verspricht. Getätigte Vorstöße scheiterten in den letzten Jahren jedoch immer wieder am Widerstand von Interessensvertretern wie Automobilclubs, die Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes und der Selbstbestimmung der Autofahrer hegten (ADAC 2015c). Mit der Fahrzeugautomatisierung und der angestrebten Kommunikation zwischen

Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur eröffnen sich neue Chancen und Herausforderungen für die Weiterentwicklung von Datenspeichersystemen im und um das Fahrzeug. Die Fragen, denen Entwickler bereits in der frühen Designphase begegnen, berühren hierbei nicht nur die technische, sondern vor allem auch die rechtliche Ebene, insbesondere hinsichtlich Datensicherheit und -schutz.

4.4.1 Aktuelle Systeme zur Datenspeicherung

Bereits in den 1970er Jahren wurde zum Zweck der Unfallaufklärung und für Fragen der Produkthaftung der Unfalldatenspeicher (UDS) für Straßenfahrzeuge eingeführt. In den USA sind mittlerweile 95% der zugelassenen Neufahrzeuge mit Unfalldatenspeichern ausgestattet (Eno Center for Transportation 2013, S. 13). Diese in den USA verbauten Unfalldatenspeicher kosten zwischen 10 und 30 € (DOT, 2012; Petersen und Ahlgrimm 2014).

Unfalldatenspeicher können in bis zu zehn Datenkanälen Schaltzustände verschiedener elektronischer Systeme speichern. So können Informationen über gefahrene Geschwindigkeiten, Richtungsänderungen, Bremsmanöver oder die Betätigung von Funktionen wie dem Blinker oder der Lichtenlage erfasst werden. Durch die steigende Verbreitung von Sensorik im Innenraum könnten mittlerweile auch Informationen über die Zahl der Insassen und deren Bedienhandlungen aufgenommen werden. Im Normalbetrieb werden die Daten permanent überschrieben. Tritt eine Unfallsituation auf, werden die Daten unmittelbar vor und nach dem Unfall aufgenommen, gespeichert und nicht mehr überschrieben (Harms 2003, S. 11). Ab 2018 fordert die EU den Einbau des Notrufsystems eCall in Neufahrzeuge aller Fahrzeughersteller (Kortus-Schultes 2013, S. 137). Auch für dieses System werden detaillierte Informationen über den Ort des Unfalls erfasst und an eine Unfallzentrale weitergeleitet. Es ist davon auszugehen, dass GPS-Daten auch für die Unfalldatenspeicherung genutzt werden.

Andere Verkehrszweige wie der Flug- und Schienenverkehr sowie die Schifffahrt sind ebenfalls verpflichtet Datenspeicher, sogenannte „Black Boxes“, einzusetzen. Die hierfür verwendeten Geräte müssen jedoch andere Anforderungen, vor allem an die Robustheit, erfüllen und dienen zudem teilweise anderen Zwecken. Im Bereich des automatisierten Fahrens wird mit der Datenspeicherung in der Regel die retrospektive Unfallrekonstruktion und nicht die permanente Überwachung angestrebt.

- **Die beteiligten Akteure sind sich einig, dass Unfalldatenspeicher eine Zulassungsvoraussetzung für hochautomatisierte Fahrzeuge sein werden, um die juristische Klärung der Haftungsfrage zu gewährleisten**
- **So sollen im Falle eines Unfalls gesicherte Informationen über den Systemzustand, die Funktionsfähigkeit des Systems sowie evtl. die Verfassung des Fahrers zur Rekonstruktion des Unfallhergangs verfügbar gemacht werden**
- **Während Unfalldatenschreiber am Markt verfügbar und technisch ausgereift sind, besteht noch Klärungsbedarf hinsichtlich der Fragen:**
 - **Welche Daten werden wie (lange) gespeichert?**
 - **Wer darf (unter welchen Bedingungen) auf diese Daten zugreifen?**
 - **Wie werden Datensicherheit und Datenschutz technisch gewährleistet?**

4.4.2 Kriterien für die Auslegung eines Datenspeichers

Die Tatsache, dass automatisierte Fahrzeuge in zum Teil komplexen Verkehrssituationen selbstständig entscheiden und agieren, erfordert einen äußerst präzisen und schnellen Umgang mit Daten. Folgende Kriterien haben eine Auswirkung auf die Auslegung von Datenspeichern für das HAF:

- Art der Datenerfassung und Datenumfang (Winkelbauer/Erenli 2010, S. 342 ff.)
- Art der Datenspeicherung
- Ort der Datenspeicherung
- Speicherdauer (European Commission 2009, S. 12)
- Schutz des Datenspeichers (Winkelbauer 2010, S. 42f.)
- Redundanzsysteme in der Datenspeicherung
- Datensicherheit (VDA 2014, S. 3)
- Datenschutz (Deutscher Verkehrsgerichtstag 2015, S. 2)
- Dateneigner

Abhängig davon, ob das automatisierte Fahrzeug autark oder mit anderen Fahrzeugen und der Infrastruktur vernetzt ist, erfolgt eine Differenzierung mehrerer oben genannter Kriterien. Die Vernetzung mit anderen Verkehrsteilnehmern hat die Generierung enormer Datenmengen zur Folge. Es muss daher festgelegt werden, welche Informationen für welche Nutzerkreise relevant sind, wie oft diese gespeichert werden und wie lange sie verfügbar sein müssen (Lindsay 2014).

Andere Merkmale zur Konfiguration des Datenspeichers sind vom Grad der Vernetzung entkoppelt. Generell empfiehlt es sich, den Datenspeicher in das Fahrzeug zu integrieren anstatt ihn extern einzubauen. Dies gilt mindestens, solange Mobilfunknetze nicht hundertprozentig flächendeckend sind und die Datensicherheitsrisiken nicht umfassend beseitigt sind (Hynd/McCarthy 2014, S. 4).

Der Bedarf an Redundanzsystemen im hochautomatisierten Fahrzeug wurde bereits im Kapitel 4.3 dargelegt. Die Frage, ob auch für die Datenspeicherung ein redundantes System erforderlich ist, ist noch nicht vollständig beantwortet. Denkbare Lösungen stellen ein zweites Speichergerät im Auto oder die Erstellung einer Sicherheitskopie in der Cloud dar. Beide Optionen sind mit einem relativ hohen Aufwand verbunden. Daher könnte auch die alternative Möglichkeit untersucht werden, ob die Systeme für das HAF beim Ausfall des Datenspeichers prophylaktisch deaktiviert werden sollen. Ein Kriterium, bei dem Einigung herrscht ist, dass in jedem Fall der Autofahrer (und ggf. auch der Besitzer) über die Aufzeichnung und Weitergabe seiner Fahrdaten informiert und nach seiner Einwilligung gefragt werden muss.⁶⁷

4.4.3 Technische Reife und Handlungsbedarf

Der serienmäßige Einsatz in den USA und die Nutzung in anderen Bereichen wie dem gewerblichen Verkehr belegen eine hohe technische Reife von Unfalldatenspeichern. Auch die Akzeptanz beim Fahrer, die eine Hürde darstellen könnte, hat sich in den letzten Jahren positiv entwickelt. In Verbindung mit speziellen Telematik-Tarifen nutzen mittlerweile immer mehr Fahrer freiwillig Medien zur Datenaufzeichnung ihres Fahrverhaltens, um von niedrigeren Versicherungsbeiträgen zu profitieren („Pay as you

⁶⁷ Aicher (2014): ADAC Motorwelt 2014, S. 20.

drive-Insurance“) (Kortus-Schultes et al. 2013, S. 136). Auch der ADAC rückt, in Hinblick auf die steigende Automatisierung von Fahrzeugen, in letzter Zeit von seiner abwehrenden Position gegenüber Datenspeichern ab und erkennt einen serienmäßigen Einbau als Voraussetzung für das HAF an (Vogt 2015a). Trotz der vorhandenen technischen Voraussetzungen fehlen bislang einheitliche Spezifikationen für Datenschreiber hochautomatisierter Fahrzeuge. Die Fragen, welche Daten mit welchen Aufzeichnungsdaten gespeichert werden sollen und welche Akteure mit welchen Zugriffsrechten ausgestattet werden, sind noch weitestgehend unbeantwortet. So ist beispielsweise die Frage offen, ob und in welcher Form Daten aus dem Fahrzeuginnenraum zur Rekonstruktion des Geschehenen gespeichert werden sollten. Im EU-Projekt VERONICA II (Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment) wurden bereits vielfältige Anforderungen an „intelligente“ Datenschreiber benannt (European Commission 2009, S. 8ff.); jedoch bezog sich diese Analyse nicht spezifisch auf den Einsatz automatisierter Fahrzeuge. Weiterer Entwicklungsbedarf besteht bei der Manipulationssicherheit der aufgezeichneten Daten. Demnach könnten täuschbare Signale der offenen Dienste von GPS, GLONASS oder Galileo eine rechtliche Hürde für den Einsatz in Fahrtenschreibern darstellen. Eine Möglichkeit stellt die Verwendung des kryptografisch geschützten Galileo PRS-Signals (PRS: Public Regulated Service) dar, da diese Signale gerichtsverwertbar sind. Gleichzeitig wird eine unautorisierte Ortung des Fahrzeugs ausgeschlossen, da die Auswertung nur nachträglich im Post-Processing auf autorisierten Servern erfolgen kann.

- **Große Vorbehalte gegen Datenschreiber bestehen bisher hinsichtlich des Datenschutzes**
- **Um diesen zu begegnen, müssen im Dialog mit Daten- und Verbraucherschützern einheitliche und transparente Spezifikationen definiert werden**
- **Hierbei sollte beachtet werden, dass mit der vorgeschriebenen Datenspeicherung lediglich die retrospektive Unfallrekonstruktion und nicht die permanente Überwachung angestrebt wird**
- **Aufgrund der geringen technischen Komplexität wird der Unfalldatenspeicher eine Standardkomponente sein**

4.5 Software und zentrale Steuergeräte im Fahrzeug

Der steigende Anteil von Elektronikbauteilen und immer leistungsfähigerer Software in Fahrzeugen hat grundsätzlich die Verringerung von Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen sowie die Erhöhung von Fahrsicherheit und Fahrkomfort zum Ziel (Schäuffele/Zurawka 2004, S. 1). Mittlerweile basiert ein Großteil der Innovationen im Automobilbau auf der Steigerung von Software-Funktionsumfängen und der Weiterentwicklung von Algorithmen. Während die höheren Rechenleistungen der Hardware mit ca. fünfjähriger Verzögerung von der Consumer- in die Automobilbranche einziehen, verdoppelten sich die Umfänge von Software im Fahrzeug bisher ca. alle zwei bis drei Jahre (Charette 2009). In einem modernen Kraftfahrzeug sind heute bis zu über 100 Steuergeräte für verschiedene Zwecke verbaut (Wolf/Osterhues 2014, S.117). Die Software übernimmt hierbei die Aufgabe der Schnittstelle zwischen Sensordaten, Steuereinheit und Aktorik und „übersetzt“ die Sensordaten in konkrete Steuerbefehle. In einigen Fahrzeugen wird bereits der Großteil aller Fahrzeugfunktionen von eingebetteter Software gesteuert, was dazu führt, dass diese „(...) zunehmend über die Innovation und die gesamte Wertschöpfung neuer Fahrzeuge [entscheidet] und zu einem wettbewerbsentscheidenden Faktor [wird]“ (Wolf/Osterhues 2014, S.117). Ein starker Trend besteht in der Vernetzung

verschiedener Steuergeräte und Funktionen, woraus das Erfordernis zur Datenfusion erwächst.

4.5.1 Funktionen von Software im Fahrzeug

Typischerweise wurde Software meist zur Realisierung einer spezifischen Funktion, wie z.B. der Motorsteuerung, entwickelt und gemeinsam mit den jeweiligen Steuergeräten konzipiert und ausgeliefert. Das Electronic Stability Program (ESP) überwacht beispielsweise die Differenz von Lenkwinkel und Gierrate und bremst einzelne Räder ab, um ein Schleudern zu verhindern. Aktuelle ADAS hingegen setzen eine Vernetzung von Steuergeräten voraus. Sie übernehmen als aufeinander abgestimmte Gesamtsysteme komplexe Aufgaben wie das Einparken, Folgefahren oder die Spurführung. Bei diesen Manövern müssen umfangreiche Umfeld- und Fahrzustandsinformationen berücksichtigt und Längs- und Querführungsaufgaben koordiniert werden. In ihrer Anforderung an Software und Hardware unterscheiden sich diese assistierten Fahrfunktionen daher von jeweils getrennten Einzelfunktionen, was sich unter anderem auch in der architektonischen Auslegung der Hardware zeigt. In der Tendenz erfolgt dabei eine Abwendung von dedizierten Steuergeräten für die jeweilige Einzelfunktion. Ab dem Schritt der Hochautomatisierung steigt zudem in hohem Maße der Anspruch an die Zuverlässigkeit von Hardware und Software durch sicherheitskritische Anwendungen wie Situationsinterpretation und Manöverplanung sowie die verlässliche Einschätzung des Systemzustands insgesamt, da der Fahrer als ultimative Kontroll- und Regelungsinstanz zeitweise entfällt.

Im Kontext von Fahrerassistenzsystemen und Automatisierungsfunktionen übernimmt die Software folgende Aufgaben:

- Die Datenfusion verschiedener Sensoren zu einem integrierten Situationsmodell (bestehend aus Umfeld-, Fahrzeug-, und Fahrermodell)
- Die Planung und Steuerung der Fahrmanöver und Trajektorien mittels Planungsalgorithmen
- Übersetzung und Darstellung relevanter Informationen des Situationsmodells für den Fahrer (Information, Warnung) und Erkennung des Fahrerzustands

Zunehmend werden mittlerweile auch Informationen von externen Datenquellen im Fahrzeug verarbeitet. So werden aus hochpräzisen Karten künftig Informationen über Fahrbahngeometrie und Fahrspurattribute ausgelesen, die von der Software verarbeitet werden müssen und einen Einfluss auf die Fahrstrategien ausüben können.

4.5.2 Situationsanalyse und Fahrmanöverplanung

Um auf die Situation, in der sich ein automatisch fahrendes Fahrzeug befindet, angemessen reagieren zu können, muss diese zunächst wahrgenommen (Perzeption) und verstanden (Situationsinterpretation) werden. Eingehende Sensor-Rohdaten (z.B. aus Radar, Kamera oder Lidar) werden zunächst vorverarbeitet und anschließend fusioniert. In der Vorverarbeitung werden sensorspezifische Eigenheiten (z.B. bekannte Verzerrung einer Kamera, Filterung und Glättung von Radarwerten) korrigiert. Darauf folgt eine Analyse und Kategorisierung der wahrgenommenen Objekte und deren wahrgenommener Eigenschaften. Hier ist speziell die AI-basierte Methode des „deep learning“ zu nennen, in der in den letzten Jahren ein Durchbruch in Erkennungs- und Klassifizierungsraten erreicht wurde. In der anschließenden Datenfusion werden die erkannten Objekte und deren Eigenschaften aller Sensoren zu einem einheitlichen Situationsbild zusammengefasst. Dieses Situationsbild wird zudem mit a-priori Wissen angereichert (v.a. in Form von Karteninformationen), welches ständig aktualisiert wird.

Die in der Perzeption erfasste Situation dient zur Planung des Fahrverhaltens. Das Fahrzeug analysiert die aktuelle Situation und trifft auf Basis bekannter Verhaltensmuster verschiedener Verkehrsteilnehmer eine Menge an Abschätzungen, wie sich die Situation in der Zukunft wahrscheinlich verändern wird. Auf Basis dieser Prädiktion wird aus einer Menge an möglichen Handlungen diejenige gewählt, die primär möglichst sicher und sekundär möglichst effizient und komfortabel ist. Teilweise sind diese Anforderungen widersprüchlich (so ist z.B. eine Vollbremsung vor einem plötzlich auftauchenden Objekt weder effizient noch komfortabel). Zur Erreichung des anvisierten Zustandes werden Technologien wie z.B. die modellprädiktive Regelung genutzt.

4.5.3 Evolution von Softwarearchitektur und Steuergeräteverteilung

Mit der Entwicklung hin zu immer weitreichenderen Funktionsumfängen ändert sich auch die Architektur der im Fahrzeug verbauten Hard- und Softwarekomponenten von einer Steuergeräte- hin zu einer Netzwerk-orientierten Bauweise (Meyer 2011, S.2). Ein Sensorkonzept reicht für die Umweltmodellierung eines hochautomatisierten Fahrzeugs nicht aus. Im Rahmen einer Datenfusion müssen daher die Informationen von unterschiedlichen Sensortypen zusammengeführt werden (Experteninterview Zulieferer 1). Während die für die Funktionen benötigte Rechenleistung heute in - an die Sensorik gekoppelten - Teilsystemen erbracht wird, wird in Zukunft eine zentrale Domänen-Architektur angestrebt. In einer Zwischen-Schicht (Umwelt-, Fahrzeug-, Fahrermodelle) werden die Daten gesammelt, plausibilisiert, fusioniert und eine Prädiktion durchgeführt. Anhand der Prädiktion kann dann eine Handlungsentscheidung für das geplante Fahrmanöver getroffen werden.

Demnach entwickelt sich auch die Programmierung der jeweiligen Software weg von einer Steuergeräte-zentrierten hin zu einer funktionsbasierten Logik. Eine weitere Folge ist die künftige Reduktion der Steuergeräte, deren Zahl in den vergangenen Jahren rasant gewachsen ist und sich dabei zu einem komplexen und teilweise ineffizienten Konglomerat von nebeneinander arbeitenden Einzelsystemen entwickelt hat. Die parallele Verwendung verschiedener Architekturen und Komponenten führt hierbei zu einem erhöhten Fehlerpotenzial. Zusätzlich zu dieser gewachsenen, jedoch ineffizienten Architektur liegt eine weitere Schwierigkeit für Zulieferer darin, dass sich die Spezifikationen und Anforderungen verschiedener Fahrzeughersteller sehr unterscheiden. Diese Bedingungen ziehen sehr hohe Entwicklungsaufwände und Kosten nach sich, die mit einer Umstellung auf zentralisierte Architekturen deutlich gemindert werden können (Busch 2012, S. 3). Durch eine zentralisierte Architektur verbessert sich zudem die Skalierbarkeit der Funktionen. Die zentralen Steuergeräte werden als optionale Ausstattungsvariante konzipiert und integrieren ADAS- und HAF-Funktionen, deren Funktionsumfang einfach an die Kundenwünsche angepasst werden kann, aber nicht die Standardsysteme wie Airbag oder ESC. Mit der Einführung des allgemeinen Standards AUTOSAR im Jahre 2003 wurde bereits ein erster Schritt zur Standardisierung von Schnittstellen und Softwarekomponenten definiert. Ein weiteres Problem herkömmlicher Architekturen besteht in der starken Verknüpfung von funktionalem Programmcode und steuergerätspezifischem, technischem Programmcode, die eine Weiterentwicklung einmal generierter Algorithmen für spätere, darauf aufbauende Anwendungen schwierig und kostenintensiv macht. Ziel der Trennung von funktionalem und technischem Programmcode ist die Standardisierung von Bausteinen einer modularen Basissoftware für die Steuergeräte (technischer Programmcode). Der funktionale Programmcode, welcher schließlich für die Auslegung der vom Endkunden genutzten Assistenzsysteme verwendet wird, bleibt hingegen Teil der herstellerspezifischen Anforderungen und somit der wettbewerblichen Konkurrenz. So lautet auch die Losung des AUTOSAR-Netzwerks „Cooperate on standards – compete on implementation.“

Die beschriebenen Entwicklungen haben weiterhin einen Einfluss auf die Rolle der Steuergeräte. So ist seit einiger Zeit eine Tendenz zur Zentralisierung und Steigerung der Rechenkapazität der Steuergeräte zu beobachten. Ein aktuelles Beispiel ist etwa die von Audi vorgestellte zentrale Steuereinheit zFAS, die künftig eine Vielzahl kleinerer ECUs ersetzen kann. Das bald verfügbare zFAS-Modul wird dabei über „eine derart hohe Rechenleistung [...], wie sie heute allein für einen kompletten A4 benötigt wird“ verfügen und kann damit beispielsweise Sensordaten aus Lang- und Mittelbereichsradar, Ultraschall, Videokamera und Laserscanner gleichzeitig und in Echtzeit verarbeiten (Burkert 2013, S. 9). Ganz neu entstanden ist der Gedanke einer Zentralisierung der Handlungsentscheidungen jedoch nicht. So verbaut beispielsweise auch Daimler seit rund zehn Jahren eine zentrale Entscheidungseinheit für ihre Fahrerassistenzsysteme, welche alle nötigen Sensorinformationen zusammenführt und zentral eine Handlungsentscheidung trifft (Experteninterviews: Hersteller 5). Dieser Weg scheint von allen relevanten Herstellern eingeschlagen zu werden. Bei den Zulieferern sind entsprechende zentrale Steuereinheiten ebenfalls im Produktportfolio zu finden. TRW hat seit 2013 sein als Safety Domain ECU bezeichnetes zentrales Steuergerät in Serienreife und liefert 2017/2018 die zweite Generation mit erhöhten Leistungswerten (Krekels/Loeffert 2015, S. 63ff.).

- **Die Weiterentwicklung der Software stellt die wichtigste Entwicklungsleistung für HAF dar**
- **Softwaregestützte ADAS übernehmen immer komplexere Fahrmanöver, wobei sie immer mehr Daten, insbesondere auch aus dem Fahrzeugumfeld, verarbeiten**
- **Mit dem hieraus entstehenden Bedarf zur Datenfusion und zentralisierten Domänen-Architektur steigen die Rechenkapazitäten der zentralen Steuergeräte. Leistungsfähige, zentrale Steuereinheiten ersetzen hierbei jeweils mehrere kleine**
- **Die Bedeutung von Software nimmt weiter zu: Die höhere Umgebungskomplexität im Stadtverkehr resultiert in deutlich höheren Softwareforderungen als im Autobahnverkehr**

4.5.4 Softwaretest und Validierung

Während die Komplexität und Performanz eingebetteter Systeme im Kraftfahrzeug in der Vergangenheit stark durch die Kapazitäten der Hardware begrenzt wurde (z.B. durch die Leistungsfähigkeit der Mikrocontroller), wird mittlerweile die eingebettete Software und der Entwicklungs- und Testprozess mehr und mehr zum limitierenden Faktor. Die oben beschriebene Verteilung von ADAS auf unterschiedliche ECUs und Komponenten hat einen stark ansteigenden Aufwand beim Testen der Assistenzsysteme zur Folge (Sattler 2014, S. 14). Da diese nicht nur fahrzeuginterne Schnittstellen haben, sondern über die Sensorik Faktoren wie Verkehrsteilnehmer, Witterungsverhältnisse und dynamische Hindernisse in ihre Manöver einbeziehen, ist im realen Fahrversuch keine ausreichende Reproduzierbarkeit aller möglichen Testszenarien gegeben. Die Anzahl der Variation verschiedener Einflüsse ist so hoch, dass sich nicht alle möglichen Szenarien in einer realen Testumgebung nachbilden lassen (Hakuli/Krug 2015, S. 126). Verknüpfte Simulatoren bilden so viele dieser Einflüsse wie möglich ab, indem Physik, Verkehr, Funktion, Fahrzeug- und Fahrermodell und Sensoren sowie ggf. Kommunikation realitätsnah modelliert werden. Diese dienen dann als Eingabegrößen an die Funktion („Software in the loop“, SIL), in Echtzeit an zu erprobende Steuergeräte („Hardware in the loop“, HIL) oder gar an komplette Fahrzeugaufbauten („Vehicle in the loop“, VL). Ergänzend finden Erprobungen mit Hilfe von speziellen Fahrversuchssimulatoren statt (TASS International 2015). Abschließend werden alle Fahrfunktionen von menschlichen Testfahrern auf speziellen Teststrecken sowie im realen Verkehr erprobt. Die zur kompletten Validierung

notwendigen Laufleistungen erreichen jedoch bei HAF, aufgrund der Komplexität der möglichen Situationen, ein Niveau, welches jenseits der wirtschaftlich umsetzbaren Möglichkeiten durch die Dauerlauf-Erprobung liegt. Dieser Umstand wird auch als „Freigabefälle“ bezeichnet (Winner/Wachenfeld 2013). Essentiell ist daher auch eine Separierung des Gesamtsystems in kleinere Einheiten. Diese Subsysteme, beispielsweise einzelne Sensoren, können dann unabhängig abgenommen und zertifiziert werden – ähnlich wie dies heute auch schon bei Zuliefererkomponenten der Fall ist. Dadurch lässt sich der Testaufwand besser auf die beteiligten Akteure verteilen und die Komplexität der HAF-Funktion-Validierung kann reduziert werden. Eine Kombination aus virtuellem (viele Permutationen von Testparametern, randomisierte Testszenarios) und realem Testing (einzelne Use cases) wird dabei als der wahrscheinlichste Weg angenommen. Für HAF relevant ist der Methodenvorschlag von Wachenfeld/Winner „Virtual Assessment of Automation in Field Operation“ (VAAFO). VAAFO integriert die Vorteile realer und virtueller Tests, indem echte Fahrsituationen von in realem Betrieb befindlichen und mit Sensorik für HAF ausgestatten (Serien-)Fahrzeugen, aufgezeichnet werden. Diese Aufzeichnungen (z.B. Sensordaten und Fahrerverhalten) werden dann als Inputgrößen in die Simulationen übertragen, so dass die Automatisierungsfunktionen in realen Situationen risikofrei⁶⁸ getestet werden können. Kernvorteil der Methode ist die gleichermaßen gefahrungsfreie und realitätsnahe Validierung automatisierter Fahrfunktionen. Zudem wird aufgrund der hohen Testkilometeranzahl eine große Variation an Testszenarien gewährleistet. Zu klärende Fragen bei der Fortentwicklung der Methode sind u.a. die Berücksichtigung von Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern, falls das automatisierte System eine Reaktion zeigt, die signifikant vom realen Fahrer abweicht sowie Struktur und Ablauf der Implementierung (Wachenfeld/Winner 2015).

4.5.5 Technische Reife und Handlungsbedarf

Zusammenfassend stellt die Software einerseits die bedeutendste Entwicklungsleistung und zugleich die größte Herausforderung für die Realisierung des HAF dar. Basierend auf der Erfahrung aus der Entwicklung von ADAS ist jedoch das notwendige Fachwissen zur Entwicklung der Funktionen bei deutschen Herstellern, Zulieferern und auch bei Universitäten und Forschungseinrichtungen vorhanden. Der Kostenanteil der Softwareentwicklung an Automatisierungsfunktionen wird in Zukunft, mit wachsender Komplexität der Systeme, jedoch immer stärker ansteigen (Experteninterview Zulieferer 1). Der Bereich Erprobung und Absicherung von HAF und höheren Stufen ist allerdings eine der großen offenen Unbekannten, da bisherige Methoden („Dauerlauf“) wirtschaftlich und zeitlich für diese Funktionen nicht durchführbar sind (Winner/Wachenfeld 2013). Diese „Freigabefälle“ könnte eine der höchsten technischen Hürden für HAF darstellen. Eine große Herausforderung dürfte hierbei auch die Bewertung der Leistungsfähigkeit der maschinellen Perception und Kognition darstellen. Es muss die Frage beantwortet werden können, ob der Fall eintreten kann, dass ein automatisiertes Fahrzeug auch mit einer nicht getesteten Situation konfrontiert werden könnte, und ob es diese Situation dann mindestens so gut lösen kann wie ein menschlicher Fahrer. Dazu würde man jedoch Konzepte zur Bewertung der Fahrfertigkeiten des Fahrzeugs im Vergleich zum Menschen benötigen. Die Problematik lässt sich abmildern, falls sichergestellt werden kann, dass das Fahrzeug, sollte es in eine seine Systemgrenzen übersteigende Situation geraten, die Fahraufgabe rechtzeitig

⁶⁸ Diese Methode ist risikofrei, da keine Eingriffe der HAF-Algorithmen in die Fahrzeugaktik vorgenommen werden.

an den Fahrer übergibt. Die Systemgrenzen müssen dann in jedem Fall fehlerfrei erkannt werden.

- **Bei der Entwicklung von ADAS wird der Test- und Validierungsprozess der Software zum limitierenden Faktor. Der hierdurch verursachte Kostenanteil wird mit wachsender Komplexität immer stärker ansteigen. Aufgrund der Vielzahl der zu testenden Situationen wird er ein Niveau erreichen, welches jenseits der wirtschaftlich umsetzbaren Möglichkeiten der Dauerlauf-Erprobung liegt. Die Aufgabe liegt daher darin, dass rechtzeitig neue Bewertungs- und Testmethoden entworfen werden**
- **Die Standardisierung und Modularisierung von Schnittstellen und Softwarekomponenten ist ein weiteres Erfordernis, um zeit- und kostengünstigere Validierungsmethoden zu ermöglichen.**
- **Es sind Konzepte für die Bewertung der Leistungsfähigkeit der maschinellen Wahrnehmung und Entscheidungsfähigkeit zu entwerfen**

Das Thema Software spielt bei der Bewertung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit bezogen auf HAF eine bedeutende Rolle. Um in diesem Bereich konkurrenzfähig zu sein, muss eine große Bandbreite an Softwaretechnologien beherrscht werden, welche noch Gegenstand laufender Forschungen sind.

Dazu zählen unter anderem Verfahren auf dem Gebiet der Bildverarbeitung (für Umfelderkennung und Objektklassifizierung), der künstlichen Intelligenz (zur Situationsinterpretation und Handlungsentscheidung) und der Kryptographie sowie die Behandlung von verteilten Systemen (letztere für Konnektivitätsfunktionen). Diese Kompetenzen sind heute häufig außerhalb der Automobilindustrie zu finden, zum Beispiel in der Robotik, der Telekommunikation, der Medizintechnik und vor allem in der IT-Industrie. Dadurch ergeben sich zum einen Möglichkeiten für Technologietransfers in die Automobilbranche, insbesondere im für HAF sehr zentralen Baustein Software. Von hoher Bedeutung ist es daher für die Automobilindustrie sich entsprechende Kompetenzen selbst anzueignen oder strategische Partnerschaften einzugehen. Andererseits bietet der Aufbau neuer Kompetenzfelder der Automobilindustrie die Chance, diese Kompetenzen in Branchen einzusetzen, zu denen es bislang nur wenige Schnittstellen gibt, z.B. Netzdienstleistungen im Energiesektor, Navigationsdienste für Anwendungen jenseits der Automobilindustrie etc.

4.6 Mensch-Maschine-Schnittstelle

4.6.1 Fahraufgabenübergabe und Fahrerzustandserkennung

Fahrerassistenzsysteme bis hin zur Hochautomatisierung setzen eine Arbeitsteilung der Fahraufgabe zwischen Mensch und Maschine voraus, deren Ziel es ist, den Menschen von unangenehmen Aufgaben zu entlasten. Bei der Entwicklung von FAS seit der Einführung von ABS ist eine zunehmende Kompetenzabgabe des Fahrers zu beobachten. Während ABS oder ESP lediglich eine Stabilisierung des Fahrzeugs in Gefahrensituationen gewährleisten, greifen heutige Systeme kontinuierlich und weitaus stärker in die Fahrzeugführung und somit in den traditionellen Aufgabenbereich des Fahrers ein.

Eine wichtige Funktion der Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) ist die Darstellung des aktuellen Systemzustands und dessen Grenzen für den Fahrer. Dieser sollte stets Kenntnis darüber besitzen, welche Manöver das System ausführt und plant, während

andererseits auch das Fahrzeug ein Modell des Fahrers erstellen und laufend analysieren muss, in welchem Zustand sich dieser befindet und welche Intention er verfolgt, insbesondere bei einer Systemausprägung, die noch eine menschliche Rückfallebene besitzt (Continental 2014b; Schöttle 2014).

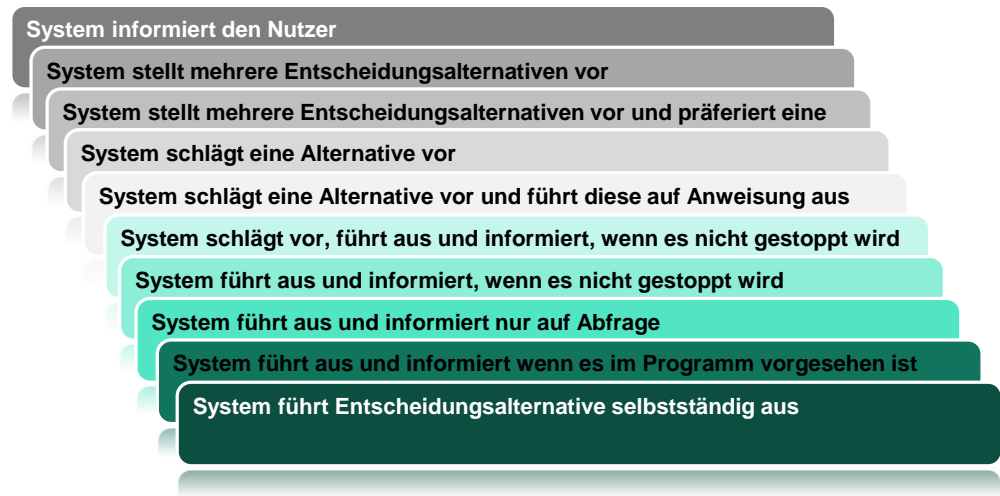


Abbildung 32: Kompetenzverschiebung durch Fahrerassistenzsysteme⁶⁹

Die technischen Umsetzungsmöglichkeiten für die Fahreraktivitätserkennung erstrecken sich von der Erkennung von Bedienhandlungen während Nebentätigkeiten bis hin zur Nutzung einer Innenraumkamera, die beispielsweise die Kopfposition und den Lidschlag des Fahrers erkennt (Bartels/Ruchatz 2015, S. 175).

Um den Missbrauch teilautomatisierter Systeme zu unterbinden, wird beispielsweise in einigen aktuellen Serienfahrzeugen sensorisch festgestellt, ob der Fahrer seine Hände am Lenkrad hält, woraufhin auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch des Systems geschlossen wird (sog. Hands-off-Erkennung). Die dabei eingesetzte Sensorik beherrscht jedoch keine biometrischen Verfahren, so dass Manipulationen möglich sind. Beim Übergang zur Hochautomatisierung könnte künftig durch Sensorik festgestellt werden, dass der Fahrer lediglich die gestatteten Beschäftigungsmöglichkeiten nutzt.

Andererseits dient die MMS zur Aufnahme der Fahrerintention und deren Umsetzung in Fahrmanöver. Aufgrund der Tatsache, dass eine reibungslose Interaktion des Fahrerassistenzsystems mit dem Fahrer als ausschlaggebend für dessen Akzeptanz und Markterfolg betrachtet wird, kommt der MMS eine entscheidende Rolle zu. Da die MMS gleichzeitig eines der wichtigsten Differenzierungsmerkmale der unterschiedlichen Hersteller darstellt, sind Fragen der Standardisierung immer auch unter Gesichtspunkten des Wettbewerbs zu bewerten (Experteninterview Forschung 1).

⁶⁹ Eigene Darstellung nach Schlag 2004

- **Je höher der Automatisierungsgrad des Fahrzeugs, desto wichtiger wird die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Fahrzeug („Kooperatives Fahren“)**
- **Die Kooperation soll für den Fahrer möglichst intuitiv gestaltet sein; Leitmotiv bei der Gestaltung der MMS ist die sog. H-Metapher: Fahrer und Fahrzeug sollen sich „wie Pferd und Reiter“ mit einer Vielzahl von Interaktionsprinzipien (optisch, haptisch, akustisch, ...) verständigen**
- **Durch die MMS kann zudem der bestimmungsgemäße Gebrauch von ADAS überprüft und Missbrauch vorgebeugt werden**

Informationsaufnahme – Sensoren im Fahrzeuginnenraum

Ein bekanntes Beispiel der Verbindung von Sensorik und MMS sind Müdigkeitswarner. Hierbei werden mittels Sensoren verschiedene Parameter wie Lenkwinkel oder Fahrpedalbetätigung ermittelt und zusammengeführt. Wird aus deren Kombination ein Fahrerzustand erkannt, der als „unaufmerksam“ zu bewerten ist, erscheint ein akustisches und/oder visuelles Signal, welches den Fahrer zur Fahrtunterbrechung auffordert (Langer/Abendroth/Bruder 2015, S. 697).

Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten der Messwertaufnahme, wobei man zwischen der Auferlegung von Bedienhandlungen und der Fahrerbeobachtung unterscheidet (Hörwick 2011, S. 36ff.). Die Auferlegung von Bedienhandlungen wird umgangssprachlich auch als „Totmannschalter“ bezeichnet. Dieses aus dem Schienenverkehr bekannte System erfordert vom Fahrer in regelmäßigen Abständen die Tätigung einer bestimmten Eingabe (beispielsweise das Drücken einer speziellen Taste) zur Bestätigung seiner Aufmerksamkeit. Neben einer deutlichen Beeinträchtigung des Fahrkomforts besteht jedoch die Problematik einer möglichen Manipulation durch den Fahrer (Bubb 2015, S.12).

Eine zweite Möglichkeit ist die direkte Überwachung des Fahrers und seiner Aktivität über Sensoren im Fahrzeug wie bei der Hands-Off-Erkennung (siehe oben). Registriert das System die Hände des Fahrers am Lenkrad, so geht es davon aus, dass dieser in der Lage ist, die Fahrsituation angemessen zu überwachen. Jedoch zeigen verschiedene Videos die Kreativität und den Erfolg mancher Fahrer beim Überlisten dieser Technologie (Blum/Huch 2014). Schließlich wird es eine juristische Frage sein, inwieweit die technischen Systeme ihren bestimmungsgemäßen Gebrauch selbst detektieren müssen, oder ob die Verantwortung hierfür beim Fahrer verbleiben wird.

Weiterhin kann der Fahrerzustand über die Tätigkeiten des Fahrers während der hochautomatisierten Fahrt bestimmt werden. Geht man davon aus, dass sämtliche Nebentätigkeiten, die dem Fahrer gestattet werden, über die fahrzeugeigenen Infotainmentsysteme zur Verfügung gestellt werden, könnte über die Nutzung von Programmen auf die Tätigkeit des Fahrers geschlossen werden (Experteninterview OEM 1). Schreibt der Fahrer beispielsweise eine E-Mail auf dem Head-Up-Display, so können relativ sichere Schlüsse über seine Blickrichtung gezogen werden. Schaut der Fahrer jedoch einen Film oder lediglich aus dem Seitenfenster, ist anhand der Aktivitäten nicht mehr eindeutig auszuschließen, dass er einen Zustand der Monotonie erreicht hat oder gar eingeschlafen ist.

Aus diesem Grund könnte der Einsatz von Innenraumkameras eine zuverlässige Lösung sein, den Zustand des Fahrers und seine Aktivitäten zu erkennen und daraus seine potenzielle Übernahmebereitschaft abzuleiten. Durch die Messung von Kopfposition, Kopforientierung, Blickrichtung und Augenöffnung in Kombination mit der Detektion der Handbewegungen ließe sich das wohl zuverlässigste Fahrermodell erstellen

(Experteninterview Forschung 1). In Forschungsprojekten, wie dem vom BMBF geförderten InCarIn werden bereits innovative Strategien zur Verknüpfung von Sensordaten für die Innenraum-Kontextanalyse erforscht. Ziel hierbei ist die individuelle Anpassung der technischen Systeme an einzelne Fahrer und spezifische Situationen. Problematisch bei der kamerabasierten Zustandserkennung sind jedoch die Fragen des Datenschutzes und hiermit verbunden der Kundenakzeptanz. So ist bisher fraglich, inwieweit die Persönlichkeitsrechte des Fahrers im Falle einer permanenten kamerabasierten Zustandsüberwachung gewahrt bleiben und ob aus Sicht des Kunden der gewonnene Zusatznutzen des hochautomatisierten Systems mögliche Vorbehalte gegenüber einer solchen „Dauerüberwachung“ ausräumen könnte.

Weiterhin juristisch zu bewerten wäre zudem die Frage, inwieweit eine detaillierte Fahrerzustandsüberwachung zur Bewertung von Unfallhergängen herangezogen werden sollte. So ist bisher noch nicht geklärt, welche Daten genau in einem Fahrdatenspeicher gespeichert werden müssen (vgl. Kapitel 4.4). Da eine Aufzeichnung des Innenraums eine lückenlose Rekonstruktion der Situation ermöglichen würde, wäre auch hier der Einsatz kamerabasierter Systeme genau zu prüfen. Aus Sicht der Fahrzeughersteller wäre eine Verwendung der Innenraumdaten im Falle eines Unfalls vorteilhaft, da ein potenzielles Fehlverhalten des Fahrers hiermit dokumentiert werden könnte.

Informationsausgabe – Kommunikation an den Fahrer

Zur Realisierung des hochautomatisierten Fahrens ist auch eine Neukonzeption der Informationsweitergabe an den Fahrer von hoher Bedeutung. So kann eine gezielte Warnung des Fahrers und eine präzise Steuerung seiner Aufmerksamkeit ein wichtiger Faktor zur Sicherheitssteigerung in Übernahmesituationen sein. Neue Technologien wie Head-Up-Displays und LEDs im Innenraum unterstützen die Umsetzung innovativer Warnkonzepte. Ein Beispiel für ein innovatives optisches Warnkonzept stellt das System „Driver Focus“ von Continental dar. Ein rund um den Innenraum installiertes LED-Band soll hierbei durch verschiedenfarbige Signale und eine gezielte Steuerung des Fahrerblicks auf die Gefahrenquelle zu einer Verbesserung der Fahrerwarnung führen (Continental 2013b).

Neben optischen Warnungen wird der zusätzliche Einsatz akustischer und haptischer Warnungen zu prüfen sein. Hierbei muss ein ausgewogener Weg zwischen Komfort und Sicherheit für den Fahrer gefunden werden. Von zentraler Bedeutung ist auch hierbei die deutliche und kontinuierliche Information des Fahrers hinsichtlich der technischen Systemgrenzen. Dies impliziert, dass der Informationsfluss nicht nur punktuell und im Falle akuter Gefahren, sondern kontinuierlich erfolgen sollte, ohne den Fahrer dabei zu überfordern. Insbesondere die Gestaltung des Übernahmevorgangs spielt dabei eine erhebliche Rolle.

Festlegung der Übernahmezeit

Laut Definition der Hochautomatisierung nach BASt werden die eigenen Systemgrenzen vom automatisierten System erkannt und der Fahrer bei Bedarf „mit ausreichender Zeitreserve“ zur Übernahme der Fahraufgabe aufgefordert. Für eine sichere und als komfortabel empfundene Übergabe muss das Fahrzeug im Falle einer nicht zu bewältigenden Situation also für eine gewisse Zeitspanne die Übernahme der Längs- und Querführung garantieren, bevor der Fahrer die Fahraufgabe (und die volle juristische Verantwortung) wieder übernehmen kann (Gasser 2012, S.23). Folgende Parameter beeinflussen hierbei den noch zu bestimmenden Wert einer optimalen Übernahmezeit:

- Geschwindigkeit des hochautomatisierten Fahrzeugs
- Performance / Sichtweite der Sensoren
- Redundanzstrategien bei Systemausfall

- Systemgrenzen und Geschwindigkeit deren Auftretens
- Latenzzeit des Fahrers (mit / ohne Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten)
- Verhaltenspsychologische und juristische Einschätzung der „Zumutbarkeit“ der Verantwortungsübernahme in Notsituationen
- Mögliche Notfallmanöver im Falle einer ausbleibenden Übernahme

Für das Einführungsszenario wird eine „moderate“ Übergabezeit von bis zu 10 Sekunden unterstellt. Welche Zeit exakt technisch zu gewährleisten und ergonomisch erforderlich ist, ist bis heute noch Gegenstand der Forschung. Derzeit hat man sich in der Literatur weitestgehend auf die Dauer von 8,8 Sekunden von Petermann-Stock geeinigt (Petermann-Stock 2013). Zudem belegen auch verschiedene andere Studien, dass ein Zeitfenster von zehn Sekunden dem Fahrer nicht nur eine erfolgreiche, sondern auch eine komfortable Übernahme, selbst bei hoher Ablenkung, ermöglicht (Experteninterview Forschung 1).

In weiteren experimentellen Fahrversuchen im Fahrsimulator konnte festgestellt werden, dass eine kürzere Übernahmezeit die Qualität der Entscheidungen des Fahrers negativ beeinflusst (Experteninterview Zulieferer 2). So wurden bei einer Übernahmezeit von fünf Sekunden abruptere Bremsmanöver und unsicherere Spurwechsel vorgenommen als bei einer Übernahmezeit von sieben Sekunden. Gleichzeitig konnte festgestellt werden, dass die Dauer der Übernahmezeit grundsätzlich mit der Dauer der Entscheidungsfindung für ein angemessenes Fahrmanöver positiv korreliert (Gold 2013). Derzeit ist bei verschiedenen Herstellern noch ein unterschiedlicher Umgang mit dem Thema „Übernahmezeiten“ zu beobachten. Während sich beispielsweise der VW-Konzern den zehn Sekunden verschrieben hat, was impliziert, dass hiermit technisch bereits die Stufe der Vollautomatisierung angestrebt wird (Experteninterview Forschung 1), hält sich der Daimler-Konzern hinsichtlich einer konkreten Aussage zu definierten Übernahmezeiten bisher zurück und plädiert für eine „situationsspezifische“ Übernahmezeit, die je nach Dringlichkeit oder Verkehrssituation variieren kann (Experteninterview Forschung 1; Experteninterview OEM 3). Dieser Ansatz wird jedoch aus Sicht der Ergonomie kritisiert, da aus bisherigen Studien bereits bekannt ist, dass *„(...) wenn die Leute wissen, wie viel Zeit ihnen bleibt, dann nehmen sie sich die Zeit und können auch komfortabel reagieren. Wenn man nicht weiß, wie viel Zeit man noch hat, gerät man immer in Hektik“* (Experteninterview Forschung 1).

Da weiterhin bereits wissenschaftlich nachgewiesen ist, dass die Art der Fahrerinformation (akustisch, visuell, haptisch) einen Einfluss auf die Reaktionszeit und Entscheidungsqualität hat, ist auch die „Warnstrategie“ relevant für eine sichere Übergabe (Naujoks/Mai/Neukum 2014). Ob als Konsequenz eine standardisierte Gestaltung der Übernahmeaufforderung angestrebt wird, ist ebenfalls noch nicht entschieden bzw. umstritten. Denn während einerseits alle Hersteller ein Interesse daran haben, die sicherste und zuverlässigste Warnstrategie zu verwenden, ist dieser Teil des HMI ein wesentlicher Wettbewerbs- und Differenzierungsfaktor unter den Herstellern (Experteninterview Forschung 1). Die befragten Experten waren sich daher weitestgehend einig, dass eine Standardisierung aus Nutzersicht zwar wünschenswert wäre und möglicherweise mittels der Übersetzung in eine ISO Norm erfolgen könnte, diese Norm jedoch hinreichend Raum für herstellereigene Ausprägungen lassen sollte.⁷⁰

⁷⁰ So gibt es im Rahmen des VDA bereits erste Ansätze, sowohl akustische als auch optische Warnungen in Kombination, sowie eine Steigerung der Warnintensität bei ausbleibender Übernahme vorzuschreiben. Das

Technische Reife und Handlungsbedarf

Aus HAF resultiert eine stark gestiegene Bedeutung der Schnittstelle zwischen Fahrer und Fahrzeug, da deren Gestaltung großen Einfluss auf eine reibungslose und sichere Handhabung des hochautomatisierten Fahrzeugs besitzt. So ist ein bisheriges Ergebnis der Arbeiten des Runden Tisches des BMVI, dass der Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion zu den aktuell wichtigsten Forschungsbereichen auf dem Gebiet der Fahrzeugautomatisierung zählt (Gasser 2012; Experteninterview Forschung 1). Bei der Fahreraktivitätserkennung und der Fahraufgabenübergabe gibt es weiteren Klärungsbedarf bezüglich der Frage, welche Methoden standardisiert werden sollten und welche Methoden wettbewerbsdifferenzierend sind.

Die technischen Voraussetzungen für die Umsetzung auf HAF abgestimmter Interaktionskonzepte sind weitestgehend erfüllt. Jedoch fehlt bisher ein ganzheitliches Konzept einer integrierten und für HAF optimierten Mensch-Maschine-Schnittstelle. Auf welche Weise der Fahrer sicher und komfortabel gewarnt werden kann und welche MMS geeignet ist, um seine Konditionssicherheit zu optimieren, ist momentan noch Gegenstand der Forschung. Wesentliche Verbesserungen lassen sich weiterhin im Bereich der Fahrerintentionserkennung durch entsprechende Sensoren erreichen. Hier gilt es, mittels lernender Systeme individualisierbare Designs zu konzipieren, die Systemvertrauen generieren, ohne einen Overreliance-Effekt hervorzurufen. So besteht eine nicht zu unterschätzende Gefahr darin, dass Fahrer die Systemgrenzen des hochautomatisierten Fahrsystems überschätzen und der Technologie Kompetenzen zuschreiben, die sie in den ersten Stufen der Automatisierung noch nicht vorweisen kann. Auch die Zuverlässigkeit der Warnungen muss weiterhin verbessert werden, um Fehlauflösungen zu vermeiden, die einen negativen Einfluss auf die Systemakzeptanz haben. Hierbei ist auch zu prüfen, inwieweit eine Standardisierung von Warnkaskaden erfolgen sollte, damit unterschiedliche Warnkonzepte verschiedener Hersteller nicht zu Missverständnissen führen. Die Weiterentwicklung einer nutzerfreundlichen Bedienung, die für den Fahrer vor allem intuitiv sein soll, was die Einbindung von Sprache und Gesten mit einschließt, ist im Automotive-Bereich bisher nicht ausschöpfend umgesetzt. Hier können Technologien, die in Consumer-Anwendungen, der Medizintechnik oder im Bereich der Produktion erforscht werden, für den Fahrzeugbau adaptiert werden.

Beim Transfer aus gewissen Technologiesparten ist jedoch die besonders sicherheitskritische Anwendung für die Fahrzeugsteuerung zu beachten, die eine weitaus höhere Zuverlässigkeit erfordert als entsprechende Technologien in ihrem jeweiligen Bereich (z.B. Unterhaltungselektronik).

Weiterhin ist der Einsatz von Head-Up-Displays bisher lediglich eingeschränkt in Serienfahrzeugen zu beobachten. Zudem werden Möglichkeiten der Verknüpfung der Head-Up-Technologie mit Augmented Reality-Funktionen zwar erforscht, aber noch nicht serientauglich umgesetzt. Möglich sind dabei innovative Darstellungstechniken, wie z.B. das kontaktanaloge Head-Up-Display. Hierbei werden Objekte im direkten Blickfeld des Fahrers markiert; über das reale Blickfeld kann somit etwa eine virtuelle Karte gelegt werden (Bock 2012, S. 80). Der Automobilzulieferer Continental plant die Markteinführung seines Augmented-Reality-HUD für das Jahr 2017 (Continental 2014a). Grundsätzlich ist auch hierbei eine wichtige Aufgabe, Informationen zu bündeln, zu hierarchisieren und dem Fahrer übersichtlich bereitzustellen. Dies ist eine Aufgabe, die bisher weniger zu den Kernkompetenzen im Automobilbau zählte, sondern vielmehr ein klassisches Thema von Interaction und Interface Designern ist, die ihren Ursprung in der IT-Gestaltung haben.

spezifische Design dieser Warnungen könnte jedoch herstellereinspezifisch realisiert werden. (Experteninterview OEM1).

- **Zur Feststellung des Fahrerzustands liefert der Einsatz von Innenraumkameras die reichhaltigsten Informationen**
- **Größter Entwicklungsbedarf besteht bei der zuverlässigen Detektion des Fahrerzustandes und der Informierung des Fahrers über den aktuellen Systemzustand um ein integriertes und situationsabhängiges Nutzererlebnis zu schaffen. Dabei steht im Vordergrund, die Nutzerakzeptanz zu fördern, ohne Overreliance-Effekte herbeizuführen**
- **Wichtige ungeklärte Fragen betreffen den Datenschutz (bspw. die Aufzeichnung der Daten zur Rekonstruktion des Geschehens im Falle eines Unfalls)**
- **Offene Fragen bestehen weiterhin hinsichtlich der Standardisierung gewisser MMS-Elemente (Warnkaskaden, farbliche Standardisierung) ohne Differenzierungsmöglichkeiten einzuschränken**

4.6.2 Infotainment-Konzepte im Kontext der erlaubten Nebentätigkeiten

Die Möglichkeit zur Übernahme fahraufgabenfremder Nebentätigkeiten ist ein zentraler Kundenvorteil des HAF. Moderne Fahrzeuge bieten bereits eine breite Palette an Nebentätigkeits-Funktionen. Hierzu gehören:

- Abrufen und Abspielen von Medieninhalten wie Nachrichten, Börsenkurse, Internetradio, Hörbücher etc. während der Fahrt bzw. für den Fahrer. In der Standzeit oder für Mitfahrende können heute zudem Filme, Serien und Computerspiele abgespielt werden.
- Integration von sozialen Netzwerken in das Fahrzeug: Der Fahrer kann mit Kontakten aus sozialen Netzwerken kommunizieren und hat die Möglichkeit Informationen über seinen Standort und sein Fahrzeug zu übermitteln.
- Digitaler Radio / TV-Empfang (auch während der Fahrt).
- Integrierter WLAN-Hotspot zur Nutzung WLAN-fähiger Endgeräte im Fahrzeug.

Zunehmend können die Funktionen per Sprache gesteuert werden, d.h. Textnachrichten (E-Mail, SMS) werden vorgelesen bzw. diktiert und Office-Funktionen (Termine, Aufgaben, Notizen) ebenfalls durch Vorlesen und Spracheingabe unterstützt.

Mit den Schritten zum hoch- und später vollautomatisierten Fahren gehen erhebliche Innovationspotenziale bei den Infotainment-Schnittstellen und der Innenraumgestaltung einher.⁷¹

Derzeit sind die Ergonomie im Innenraum und die Bedienkonzepte noch ausschließlich auf die Ausübung der Fahraufgabe hin optimiert. Die Herausforderung beim HAF besteht nun darin, dem Fahrer interessante und sinnvolle Aktivitäten anzubieten, hierbei jedoch die Darstellung und Nutzerführung so zu gestalten, dass eine sichere und optimierte Rückholung des Fahrers gewährleistet ist. Wesentliche Veränderungen werden das Raumkonzept, die Bedienung (Spracherkennung, Touchscreens und Displays, haptische Bedienelemente) und die Beleuchtung betreffen (Gall 2015). Der heute eher technisch-funktional geprägte Innenraum wird sich in Richtung eines „Wohlfühl- und Arbeitsbereichs“ entwickeln (Gall 2015). Die Neugestaltung

⁷¹ Die OEMs und Zulieferer erwarten große Innovationen in diesem Bereich. (Experteninterview Zulieferer 2; Herrtwich 2014)

„ganzheitlicher Mensch-Maschine-Schnittstellen“ könnte sich dabei den bisher geltenden Regeln der Automobilindustrie entziehen (Matschi 2015). Eine besondere Herausforderung ergibt sich dadurch, dass zwischen Designkonzept und Produktionsstart eines Fahrzeugs ca. zwei Generationen mobiler Endgeräte auf den Markt gebracht werden und das Fahrzeugdesign und -interieur für diese Fortentwicklungen während der Nutzungsphase adaptierbar sein muss.

Zwar sind die Umgestaltungsmöglichkeiten im Innenraum beim vollautomatisierten Fahren deutlich größer als beim hochautomatisierten Fahren, da auch mechanische Änderungen im Innenraum möglich werden, aber bereits bei HAF sind deutliche Änderungen zu erwarten, insbesondere hinsichtlich der Art und Anordnung von Displays und Eingabemöglichkeiten. Beispiele sind die Positionierung von Tastenfeldern am Lenkrad, so dass diese auch als Eingabefelder dienen können, oder die Nutzung von Head-Up-Displays im Blickfeld des Fahrers (Experteninterview Zulieferer 2). Während die Nutzung visueller Anzeigen insbesondere in Oberklasse-Fahrzeugen derzeit stark zunimmt wird künftig eine abnehmende Nutzung konventioneller Bildschirme erwartet. Stattdessen wird auch im Infotainment-Bereich die Bedeutung von Head-Up-Displays und Augmented Reality-Anwendungen zunehmen (Jaynes 2015). Derzeit bieten bereits zehn Automobilhersteller weltweit Head-Up-Displays als Zusatzausstattung an (VDI-Wissensforum 2014). Sowohl die deutsche Automobilindustrie als auch die deutsche Wissenschaft arbeiten derzeit an Lösungen für die Zukunft. Hervorzuheben sind die von BMW und Qualcomm auf der Auto Shanghai 2015 vorgestellte Augmented Reality-Brille sowie das Forschungsprojekt PieDrive der TU Darmstadt, in dem eine Lösung entwickelt wird, die auf einem Head-Up-Display mit Touchpad als Eingabesystem basiert (PieDrive 2014).

Auch im Bereich der Spracherkennung sind Verbesserungen notwendig und zu erwarten. Eine Untersuchung der University of Utah hat ergeben, dass heutige Spracherkennungssysteme erhebliche Sicherheitsrisiken mit sich bringen. Die Systeme sind derzeit noch zu ungenau und damit technisch nicht ausgereift. Bei der sprachgesteuerten Interaktion mit den Infotainmentsystemen verschiedener Hersteller zeigten sich zudem große (sicherheitskritische) Qualitätsunterschiede. Es besteht jedoch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen diesen Qualitätsunterschieden und dem allgemeinen Preisniveau der Hersteller (Strayer 2014).

Eine Frage, die den Gestaltungsspielraum des Infotainments beeinflusst, ist die Festlegung der erlaubten Nebentätigkeiten für den Fahrer. Hierbei ist zu beachten, dass ein komplettes Unterlassen jeglicher Tätigkeiten zur Ermüdung des Fahrers führen und somit ein Sicherheitsrisiko darstellen könnte. Ergonomen raten daher davon ab, jegliche Nebentätigkeit zu verbieten. Jedoch ist es derzeit noch Gegenstand der Forschung herauszufinden, welche Nebentätigkeiten das Situationsbewusstsein nicht zu stark beeinflussen oder sogar fördern können, indem sie den Fahrer beschäftigen. So wäre es beispielsweise denkbar, spezifische Spiele zu entwickeln, die gleichzeitig Zeitvertreib und Fahrtraining sind und hierbei das Situationsbewusstsein fördern (Experteninterview Forschung 1). Problematisch ist hierbei jedoch die Frage, inwieweit man es dem Fahrer überhaupt erlauben kann, sich zeitweise der Kontrolle des Fahrzeugs, und somit der Verantwortung zu entziehen (Damböck 2012). Hierfür sind sowohl technische, als auch juristische Anpassungen der Rahmenbedingungen nötig. Des Weiteren ist bis heute nicht abschließend geklärt, wie eine Kategorisierung von erlaubten bzw. untersagten Nebentätigkeiten vorgenommen werden könnte. So wäre es denkbar, ein bestimmtes Set von Tätigkeiten zu definieren, denen der Nutzer während der Fahrt nachgehen darf, während alle übrigen, denkbaren, nicht explizit genannten Tätigkeiten untersagt bleiben.

Eine weitere Möglichkeit zur Kategorisierung von Nebentätigkeiten ist die technische Integration von „Beschäftigungsmöglichkeiten“ in die Systemarchitektur des

Fahrzeugs. So wäre es möglich, dem Fahrer gewisse Zusatzfunktionen des Infotainment-Angebots (z.B. Mediatheken, Messaging-Funktionen, Internetbrowser) während der hochautomatisierten Fahrt freizuschalten. Die befragten Experten gehen davon aus, dass das Fahrzeug dem Fahrer in Zukunft, je nach Verkehrssituation, verschiedene Nebentätigkeiten über bordeigene Displays „anbieten“ wird (Experteninterviews: OEM 1, OEM 2, Zulieferer 2, Forschung 1). Mit dieser Integration in die fahrzeugeigenen Systeme könnte darüber hinaus sichergestellt werden, dass im Falle einer nahenden Übernahme jegliche Ablenkungsmöglichkeiten durch das Fahrzeug augenblicklich deaktiviert werden könnten (Ebner 2013). Das System könnte dem Fahrer dann die Nebentätigkeit aktiv untersagen, indem der Bildschirm statt der Multimedia-Anwendung die Übernahmeaufforderung zusammen mit einem akustischen Warnton einblendet (Experteninterview Hersteller 1).

Seitens der Automobilhersteller wird darauf hingewiesen, dass die Beschränkung auf bordeigene Systeme für die Ausübung von Nebentätigkeiten aus Sicherheitsgründen erforderlich sei. Die Automobilhersteller könnten hierdurch den Kunden zur ausschließlichen Nutzung der herstellereigenen Systeme „zwingen“ und somit die Kontrolle über die Kundenschnittstelle und den zugelassenen Inhalt behalten. Juristisch gesehen ist der Automobilhersteller jedoch vor allem dazu verpflichtet, dem Fahrer die „ausreichende Zeitreserve“ zur Übernahme zu gewährleisten (vgl. Kap. 5.1.4.2). Zwar sollte der Fahrer durch das Fahrzeug nicht zu verantwortungslosem Handeln ermutigt werden (weshalb beispielsweise in heutigen teilautomatisierten Systemen die Hands-off Erkennung eingesetzt wird), jedoch könnten statt einer Beschränkung auf bordeigene Systeme andere Mechanismen (z.B. eine Eyes-on Erkennung in regelmäßigen Abständen) eingesetzt werden. Ungeachtet dessen, welche konkrete Umsetzung sich schließlich durchsetzen wird, sind Manipulationen der Systeme nie ganz auszuschließen, weshalb eine rückwirkende Detektion von Fehlverhalten für die Hersteller mindestens so wichtig ist wie die konkrete Regelung erlaubter und verbotener Nebentätigkeiten.

Es ist jedoch möglich, dass eine Beschränkung auf bordeigene Nebentätigkeiten, sofern sie nicht international gesetzlich vorgeschrieben wird, auch zum Wettbewerbsnachteil werden könnte. Denn der Zwang, das private Mobiltelefon an das Fahrzeugsystem anzubinden, könnte eine Akzeptanzhürde für den Kunden darstellen. Demnach könnten Hersteller, die nicht nur bordeigene Systeme zur Beschäftigung zulassen, einen Wettbewerbsvorteil erlangen.

4.6.3 Technische Reife und Handlungsbedarf

Die Nutzereinbindung ist ein zentraler Aspekt des Schritts vom teil- zum hochautomatisierten Fahren, da der Fahrer Nebentätigkeiten nachgehen darf und dennoch im Regelkreis bleibt. Daher besteht im Bereich der MMS noch weiterer ergonomischer und technischer Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Die Bedienschnittstellen der MMS wandeln sich nach einer Schalter- und Knopf-Bedienung stärker in Richtung Touchscreen. Mittlerweile haben „entmaterialisierte“ Sprach- und Gestensteuerung zunehmend an Bedeutung gewonnen (Experteninterview Branchenexperte 2). In den nächsten Jahren wird die Individualisierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle und der Infotainmentsysteme zunehmen (Winner 2015c, S.1181). Bei HAF ist die MMS zudem fahrfunktional relevant und daher von besonderer Bedeutung. Daraus ergeben sich zunehmende Differenzierungsmöglichkeiten durch die MMS für die Industrie und es ist daher von vermehrten technischen Innovationen in diesem Bereich auszugehen.

Amerikanische IT- und Technologieunternehmen mit hoher MMS-Kompetenz müssen hierbei als potenzielle Wettbewerber ernst genommen werden. Doch auch die deutsche Industrie hat innovative Lösungen für die nächsten Jahre angekündigt.

Studien wie der F 015 von Daimler demonstrieren dies. Continental hat angekündigt, mithilfe von Infrarottechnik Oberflächen im Fahrzeug ohne Displays zu Bedienoberflächen umzugestalten, die typische Mehrfinger-Gesten wie Wischen, Auf- oder Zusammenziehen als Eingabemöglichkeit erkennen können (Fuchslocher 2014). Auch die Ankündigung von BMW, eine mit dem Kamerasystem des Fahrzeugs gekoppelte Datenbrille als Teil des Infotainment-Systems einzuführen und dadurch Zusatzfunktionen während der Fahrt zu ermöglichen (z.B. eine komplette Umfeldsicht), spiegelt die Relevanz und die Aktivitäten im Bereich HMI wider (auto motor und sport 2014).

Die Entwicklungen wirken dabei zusammen mit der Gestaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen für Nebentätigkeiten. Die Definition gestatteter Nebentätigkeiten und die Beurteilung von Übergabezeiten haben einen direkten Einfluss auf die technische Umsetzung der MMS im Fahrzeug.

Im Bereich der Infotainment-Systeme ist bereits heute ein zunehmendes Maß an Standardisierung und Zusammenfassung einzelner Aufgabenbereiche erkennbar. So gaben die beiden Automobilzulieferer Elektrobit und Renesas Electronics die gemeinsame Konzeption einer Plattform für die Entwicklung von Informationssystemen für Automobilhersteller bekannt (Hofacker 2013). Hierbei ist davon auszugehen, dass dies eine Beschleunigung von Innovationen und marktfähigen Umsetzungen zur Folge haben wird.

Aufgrund der großen Bedeutung der Entwicklungen im Bereich MMS sowie der Vielfalt von aktuellen F&E-Projekten wäre es für die deutsche Industrie, Wissenschaft und Politik sinnvoll, einen gebündelten Überblick über internationale Aktivitäten, genutzte Technologien und mögliche Barrieren derzeit weltweit entwickelter Lösungen zu erhalten.

- **Bedienkonzepte und Innenräume werden sich im Zuge der Automatisierung sehr stark verändern und ein wettbewerbsdifferenzierender Faktor werden**
- **Mit steigendem Automatisierungsgrad steigt auch der Spielraum der möglichen MMS-Konzepte. Für die Automobilindustrie könnte es daher von Vorteil sein Bedienkonzepte aus anderen Branchen ins Fahrzeug zu transferieren. Ansonsten besteht die Gefahr, dass branchenfremde Unternehmen zu einer Konkurrenz im Bereich MMS wachsen**

4.7 Ortungstechnik und digitale Karten

Eine präzise Eigenlokalisierung ist eine grundlegende Voraussetzung für die Realisierung des hochautomatisierten Fahrens. Es können zwei Funktionen der Ortung voneinander unterschieden werden. In erster Linie ist eine präzise Lokalisierung innerhalb der aktuellen Fahrspur unabdingbar für die Bahnführung des Fahrzeugs. So muss stets gewährleistet sein, dass Fahrbahnbegrenzungen und umliegende Hindernisse erkannt und in Relation zur eigenen Positionen in die Manöverplanung einbezogen werden. Die zweite Funktion der Eigenlokalisierung, die mit steigendem Automatisierungsgrad an Bedeutung gewinnt, besteht in einer verbesserten Kenntnis über die aktuelle Umgebungssituation (Verkehrslage, Wetterbedingungen, etc.). Durch die Nutzung präziser und kollaborativ aktualisierter Echtzeitkarten kann das Fahrzeug, in Ergänzung zur bordeigenen Sensorik, Informationen über die Umwelt erlangen, die

bereits vor dem Passieren eines Streckenabschnitts bereitgestellt werden. Somit können die angereicherten Kartendaten die Informationslage des HAF-Systems verbessern und wie ein zusätzlicher Sensor wirken, der jenseits der physikalischen Grenzen der Umfeldsensorik Informationen aufnimmt.

4.7.1 Grundlagen der Fahrzeug-Ortungstechnik

Die Eigenposition des Fahrzeuges wird anhand von sechs Dimensionen definiert (Lategahn/Stiller 2012):

- Geographische Länge
- Geographische Breite
- Höhe über 0m
- Orientierung
- Neigung längs
- Neigung quer

In der Praxis reichen zumeist Länge, Breite und Orientierung. Da sich Fahrzeuge lediglich in zwei Dimensionen (längs und quer) bewegen, resultieren die weiteren Werte aus der Beschaffenheit der Fahrbahn. In manchen Fällen (z.B. mehrstöckige Parkhäuser, Autobahnkreuze) kann aber die Angabe der Höhe durchaus notwendig sein. Unterschiedliche Ortungssysteme geben verschiedene dieser Werte an. Dabei ist zum Beispiel die präzise Messung der Orientierung verhältnismäßig schwierig (z.B. über magnetische Sensorik analog zum Kompass) und wird häufig über eine Differentialberechnung durchgeführt (Veränderung der Position über Zeit). Ist aber z.B. in einem Parkhaus oder Tunnel der Empfang einer externen Position blockiert, wird die präzise Positionsberechnung mit diesem Mittel unmöglich.

Grundsätzlich ist zwischen absoluter und relativer Ortung zu unterscheiden. Ein absolutes Ortungssystem ermittelt die globale Position des Fahrzeuges sowie idealerweise die Orientierung. Im Gegensatz dazu geben relative Ortungssysteme nur Positionen relativ zu anderen Positionen an – z.B. den Abstand von einer Fahrbahnmarkierung. Extern gestützte Ortungssysteme benötigen eine entsprechende Infrastruktur zur Positionsbestimmung. Sie liefern in der Mehrzahl eine absolute Position. Die GNSS-Systeme mit ihrem wohl bekanntesten Vertreter, dem GPS, gehören zu dieser Gruppe. Weitere Vertreter wie GLONASS, Beidou oder das zukünftige Galileo-System erhöhen die Satellitenverfügbarkeit und damit auch die Genauigkeit der GNSS-Systeme bei der Positionsbestimmung.

Im Gegensatz zu den extern gestützten Systemen nutzen interne Ortungssysteme ausschließlich ihre eigene Sensorik zur Positionsermittlung. Ihre Vertreter gehören mehrheitlich zu den relativen Ortungssystemen. Sind Positionen selbst global verortet, wie z.B. die Landmarken in einem kamerabasierten Ortungssystem, lässt sich daraus auch die globale Position des Fahrzeuges genau ermitteln. Weitere Beispiele für interne Ortungssysteme sind die odometrische Fahrzeugverfolgung oder die radar- oder lidargestützte Hinderniserkennung mittels Messung des Abstandes und Winkels zu vorausfahrenden oder benachbarten Fahrzeugen.

Moderne Smartphones verfügen bereits heute über Multiband GNSS-Empfänger, die durch Einbeziehung von zusätzlichen Korrektursignalen und unter abschattungsfreien Empfangsbedingungen Genauigkeiten im Submeterbereich liefern können. Zusätzlich liefern empfindliche Inertialsensoren auf MEMS-Basis Drehraten und Beschleunigungswerte. Aus diesen Daten lässt sich die relative Bewegung innerhalb kurzer Distanzen, wie innerhalb kurzer Tunneldurchfahrten, nachverfolgen.

Die damit erreichbaren Informationen sind für eine Routennavigation vollkommen ausreichend, sie stellen allerdings keine Alternative für im Fahrzeug eingesetzte Sensorik im Hinblick auf die HAF-Funktionalität auf Autobahnen dar.

4.7.2 Bedeutung der kartenbasierten Lokalisierung

Eine Grundvoraussetzung für HAF ist eine robuste Eigenlokalisierung des Fahrzeugs. Dies ist weniger bedingt durch die Anforderung der Kollisionsvermeidung (diese erfolgt hauptsächlich durch die sensorische Umfelderkennung), als vielmehr durch die notwendige Trajektorienplanung. So muss dem System, beispielsweise für die Durchführung eines Spurwechsels, jederzeit eindeutig bekannt sein, auf welcher Fahrspur sich das Ego-Fahrzeug befindet und welche Spuren für die geplante Fahrtrajektorie geeignet sind (z.B. an Autobahnkreuzen). Auf Streckenabschnitten, deren bauliche Eigenschaften keine rein sensorische Erfassung der Umgebungssituationen zulassen (z.B. aufgrund unvollständiger Straßenmarkierung, temporärer Baustellen oder schwer zu detektierender Verkehrsschilder), wird eine dezimeter-genaue Ortung benötigt, um HAF weiterhin gewährleisten zu können. Hierfür ist die Karte von zentraler Bedeutung (Experteninterview Zulieferer 5).

Die Lokalisierung in digitalen Karten mit Fahrstreifeninformation erfolgt bislang in der Regel ausschließlich GNSS-basiert und ist somit, erstens, anfällig für GNSS-Empfangsprobleme und Kartenfehler⁷² und bietet, zweitens, keine ausreichende Präzision zur spurgenaue Verortung – ein Problem, das sich in Bereichen mit schlechtem Empfang weiter verstärkt. Die Fahrzeugortung auf Basis von GNSS erreicht auf geraden Autobahnstrecken zwar Genauigkeiten im Submeterbereich (typischerweise kleiner als 0,5m). An Autobahnabfahrten oder auch Autobahnkreuzen tritt jedoch in den Kurven ein zum Teil noch erheblicher Versatz auf. Durch die Einbeziehung von Inertialsensorik und Odometrie (diese liefern fahrdynamische Informationen aus der fahrzeuginternen Sensorik) lässt sich dieser Fehler zwar nahezu eliminieren. Inertialsensorik bietet jedoch immer nur eine relative Ortung (dead reckoning), die nie besser werden kann als die zugrundeliegende absolute Ortung (durch GNSS). Eine mögliche, aber derzeit noch zu teure Lösung, ist differentielles GNSS. Das Galileo Satellitensystem kann eventuell eine Lösung bieten, allerdings liegen bisher lediglich Präzisionsschätzungen vor. Aktuelle Fahrzeugversuchsträger, mit welchen Automatisierungsfunktionen getestet werden, nutzen oft eine Kombination aus differentiellem GPS und präziser Inertialsensorik, allerdings verursachen diese Systeme Kosten im hohen fünfstelligen Euro-Bereich (Applanix 2015). Heutige Navigationskarten in Verbindung mit GNSS sind daher keine ausreichende Lösung für HAF.

Eine Ergänzung zu satellitengestützten Verfahren sind Methoden der kartenbasierten Lokalisierung. Indem Sensormessungen und Kartendaten zu einer Positionsbestimmung ausgewertet werden, wird das Egofahrzeug innerhalb einer Karte lokalisiert (Lategahn/Stiller 2012, S. 40). Sämtliche Lokalisierungsverfahren für HAF benötigen eine vorangehende Abschätzung der aktuellen Position und nutzen darauf basierend einen Vergleich von Sensordaten mit einer vorher erstellten Karte. Dieser Karte kommt daher eine besondere Rolle in der Lokalisierung zu. Durch hochpräzise Kartendaten lassen sich mehrere Sensortypen unterstützen und mit Hilfe von Multilateration⁷³ die

⁷² Matthaei/Lichte/Maurer 2014, S.9.

⁷³ Unter Multilateration versteht man die Bestimmung der eigenen Position durch Abgleich mit mehreren bekannten ortsfesten „Landmarken“, beispielsweise Schildern, Bäumen, Straßeninfrastruktur. Diese werden in der Perception mit präziser Distanz und ggf. Erfassungswinkel detektiert und erlauben durch Anwendung

Eigenpose berechnen.⁷⁴ Im Projekt KoFas (Kooperative Sensorik und kooperative Perzeption für die präventive Sicherheit im Straßenverkehr) wurden mehrere Varianten zur Eigenlokalisierung getestet.⁷⁵

Die Anforderung der HAF-Systeme an die relative Ortungsgenauigkeit für eine präzise Multilateration liegt bei etwa 10 cm (Groh 2014, S. 1-7). Lidarsysteme erbringen ein hohes Auflösungsvermögen und ermöglichen eine präzise Multilateration (Ibisch 2013, S. 829-834). Allerdings ist das dafür am weitesten verbreitete Konstruktionsprinzip, der Laserscanner, wie ihn auch Google verwendet, derzeit für einen Serieneinsatz zu teuer und baulich schlecht zu integrieren. Kamerabasierte Lösungen finden im aktiven Spurhalteassistenten bereits Anwendung für eine serientaugliche Erkennung der Fahrspur. Von einer „echten“ Multilateration mit einer Erkennung von Landmarken, welche komplexere geometrische Objekte als Spurmarkierungen darstellen, ist dies allerdings noch entfernt. Dies ist nach wie vor Gegenstand der Forschung, deren Ergebnisse jedoch vielversprechend sind. Auf der Demonstrationsfahrt der Daimler AG in Zusammenarbeit mit dem Karlsruher Institut für Technologie („Bertha-Benz-Fahrt“) kam ebenfalls ein videobasiertes Lokalisierungsverfahren zum Einsatz. Die Videoinformation der Kamera zur Umfelderkennung wurde dazu mit einer digitalen 3-D-Karte abgeglichen, um daraus die exakte Position abzuleiten (Mercedes-Benz Next 2013).

- **Eine Grundvoraussetzung für HAF ist die robuste und präzise Eigenlokalisierung des Fahrzeugs**
- **Eine Lokalisierung nur mittels GNSS-Signal ist aufgrund der nicht garantierten Verfügbarkeit und mangelnder Genauigkeit für HAF-Funktionen nicht ausreichend**
- **Multilateration, d.h. die Bestimmung von Position und Orientierung anhand von Umfeldmerkmalen, ist eine geeignete Technik, um die Präzision und Robustheit zu erhöhen**

Prinzipiell stellen HAF-Karten eine Reihe grundlegender Informationsarten bereit, die in vier Kategorien differenziert werden können:

- Straßeninformationen (wie bisherige Navigationskarten), je nach Funktion mit einer Präzision bis zur Spurgenaugigkeit inklusive Topologie für z.B. Autobahnkreuze
- Verkehrsinformationen: Metainformationen zum Funktionsverhalten an bestimmten Stellen, z.B. Geschwindigkeiten, geltende Verkehrsregeln und Ampelinformationen
- Landmarken zur hochgenauen Lokalisierung durch Multilateration
- Dynamische Informationen wie Baustellen, Staus, verkehrsrelevante Hindernisse und Ereignisse etc.

grundlegender Geometrie einen Rückschluss auf die eigene Position. Es sind mindestens zwei Landmarken zur Bestimmung der Position in der Ebene und drei für die Bestimmung in 3D erforderlich (Trilateration) – eine Vielzahl von Landmarken erhöht Präzision und Robustheit (Multilateration).

⁷⁴ Die Eigenpose bezeichnet die Lage des Fahrzeuges in Position und Rotation in allen drei Dimensionen.

⁷⁵ Erprobt wurden u.a. die Eigenlokalisierung mit Kamera, Laserscanner und digitalen Karten, die Eigenlokalisierung mit Laserscannern und Landmarken, die Eigenlokalisierung mit GPS-INS System, die Eigenlokalisierung an Kreuzungen mit Ko-Tag-Transpondern sowie die Fusion von verschiedenen Lokalisierungsansätzen (Ko-FAS 2015a).

Die im **Forschungsprojekt KO-PER** genutzte digitale Karte beispielsweise zeigt Fahrstreifen, Spurbreitenverlauf, Fahrbahnmarkierungen, Punktlandmarken (z.B. Leitpfosten, Verkehrszeichen oder Bäume) und ermöglicht die schnelle Berechnung von Abständen zu Fahrstreifen und Fahrbahnmarkierungen. Dies ist die Grundlage für viele verschiedene Aufgaben (Spurzuordnung, Kreuzungsassistent, Fahrzeug-Eigenlokalisierung). Zudem wird zu jedem Fahrstreifen ein kontinuierliches Höhenprofil hinterlegt, wodurch eine topografische Repräsentation jedes Fahrstreifens verfügbar ist. Die globale Genauigkeit der Karte wird mit Hilfe hochgenauer Referenzmessungen überprüft und evaluiert (Ko-FAS 2015b).

Für eine Navigation ohne HAF-Funktion, wie man sie aus dem normalen Fahrzeuggebrauch kennt, genügen die konventionellen Navigationskarten unterschiedlicher Hersteller. Eine Erweiterung stellen Karten dar, die Zusatzinformationen wie Geschwindigkeitsbegrenzungen und Fahrspurtopologie bereitstellen. Derartige Karten werden in Premium-Onboard-Navigationsgeräten bereits angeboten. Eine weitere Detailkomponente stellt die Integration eines Höhenprofils der Straßen dar. Diese topografischen Kartendaten ermöglichen vorausschauende Funktionen zur Kraftstoffverbrauchsoptimierung und finden bspw. für die vorausschauende Betriebsstrategie des Mercedes S500 Plug-In Hybrid und Continentals eHorizon Anwendung (Jordan 2014; Continental 2015c). Darüber hinaus gibt es Karten, die ein hochdetailliertes 3-D-Abbild der Umgebung enthalten, so wie sie von Nokia HERE derzeit mit speziellen Messfahrzeugen aufgezeichnet werden. Diese Messfahrzeuge verfügen über einen 360°-Laserscanner und Kameras, um die Umgebungsgeometrie zu erfassen (Abbildung 33). Es handelt sich hierbei um eine virtuelle 3-D-Repräsentation der Umgebung mit vielen Details, wie der Position von Lichtsignalanlagen, Tramgleisen oder Verkehrsschildern (Abbildung 34). Damit ist es möglich, Sensorinformationen wie die Bilddaten der Onboard-Kameras, direkt mit dem Umfeldmodell der Karte abzugleichen und sich anhand übereinstimmender Landmarken präzise zu lokalisieren.



Abbildung 33: Kartographierungsfahrzeug für hochpräzise Karten⁷⁶

⁷⁶ Miller 2014



Abbildung 34: 3-D-Kartenausschnitt⁷⁷

4.7.3 Kartenaktualität und Updatemöglichkeiten

Eine weitere Eigenschaft einer Karte ist neben ihrer Präzision ihre Aktualität. Zum einen die Aktualität der Streckendaten, d.h. ob die Karte auf dem neuesten Stand ist, was die straßenbaulichen Elemente betrifft. Dazu zählen beispielsweise Kreuzungstopologien und Spurbreiten sowie stationäre Baustellen. Die Aufgabe, diese auf dem neuesten Stand zu halten, ist aufgrund der relativ langsamen straßenbaulichen Veränderung mit einer angemessenen Anzahl an Messfahrzeugen möglich, wie dies auch schon heute geschieht, solange Kartenbetreiber über angestrebte Anpassungen auf dem Laufenden gehalten werden. Da diese Informationen auch möglichst schnell im Fahrzeug landen sollten, wird schon seit langem an einer schnelleren Aktualisierung von Kartendaten gearbeitet. Bislang werden Navigationskarten in der Regel in der Werkstatt oder vom Fahrzeugbesitzer zuhause per USB oder SD-Schnittstelle aktualisiert. Zunehmend ermöglichen Hersteller allerdings bereits Online-Kartenupdates (Audi 2014). Um Karten auf Echtzeitstand zu halten sind Onlineupdates eine wichtige Voraussetzung.

Häufig wird mit dem Begriff einer „hochaktuellen“ Karte außerdem auch verbunden, dass diese Informationen über temporäre Ereignisse wie defekte Fahrzeuge und allgemeine Verkehrshindernisse enthält. In der Umsetzung stellt dies eine weitaus höhere Anforderung an einen Kartenbetreiber dar, als die Kartographierung der statischen Straßeninfrastruktur, da diese Ereignisse in Zeitpunkt und Ort unvorhersehbar und sehr zahlreich auftreten. Daher ist ein verbreiteter Vorschlag die Einbeziehung aller Fahrzeuge, welche den jeweiligen Kartenservice nutzen. Dieser Weg ist als „Floating Car Data – FCD“ bekannt. Fahrzeuge können so zur genauen und aktuellen Verkehrslageerfassung genutzt werden. Die so gewonnenen Informationen werden in Aggregationsdiensten zusammengeführt und an alle beteiligten Fahrzeuge übermittelt. Es gibt bereits einige Services, die Flottendaten zur Erfassung der Verkehrslage nutzen (u.a. Google Maps Traffic; Walter 2012, S. 551). Da dieses Thema hauptsächlich eine Frage der Vernetzung der Fahrzeuge untereinander bzw. mit einem Backend betrifft, ist es Gegenstand des Kapitels über Car2X Funktionen (vgl. Kapitel 4.8).

⁷⁷ Poor 2015

- **Digitale Karten spielen für HAF eine bedeutende Rolle**
- **Ihre Bedeutung liegt zum einen in der Möglichkeit eines Live-Abgleichs der Umfeldsensorik mit Kartendaten. Dies ermöglicht die Plausibilisierung von erkannten Fahrbahnumrissen anhand von kartographierten Geometrien (Redundanz) und bei Vorliegen von 3D-Karten die Möglichkeit einer präzisen Orientierung an Landmarken (Multilateration)**
- **Karten ermöglichen außerdem eine Vorausschau. Das Fahrzeug erhält so Informationen über den vorausliegenden Spurverlauf, welcher noch außerhalb der Sensorreichweiten liegt und kann zusätzliche effizienzsteigernde Maßnahmen wie z.B. eine prädiktive Betriebsstrategie nutzen**
- **Der benötigte Detailgrad der Karte hängt von der HAF-Funktionsausprägung und dem Anwendungsraum ab**

4.7.4 Technische Reife und Handlungsbedarf

Die Bereitstellung präziser und aktueller Kartendaten sowie eine genaue und robuste Eigenlokalisierung stellen, gerade im Hinblick auf hohe Automatisierungsstufen, ein wichtiges Entwicklungsfeld dar. Derzeit verfügbare Fahrzeug-Ortungssensorik genügt in Hinblick auf Genauigkeit und Zuverlässigkeit den Anforderungen an HAF-Systeme auf Autobahnen. Aktuelle Forschungsfragen konzentrieren sich auf die Sensorfusion sowie die vollständige funktionelle Abdeckung aller Anwendungsfälle.

Welches Kartenmaterial für HAF benötigt wird, hängt vor allem von der HAF-Funktionsausprägung und dem Anwendungsraum ab. So hängt der nötige Detailgrad beispielsweise stark davon ab, ob die HAF-Funktion im unbekanntem Stadtgebiet oder auf einem kontrollierten und für HAF freigegebenen Autobahnstück eingesetzt werden soll. Im Stadtgebiet sind sehr viele Detailinformationen notwendig. Zum Beispiel muss das Fahrzeug Straßenverlauf, Anzahl und Richtung der Fahrspuren sowie die Position von Verkehrsschildern und Lichtsignalanlagen genau kennen. Bei dichtem Stadtverkehr würde eine Erfassung allein durch die Umfeldsensorik durch eine Verdeckung durch andere Fahrzeuge und die Komplexität der Situation schnell an ihre Grenzen stoßen. Im langsamen Stadtverkehr muss die Längsposition des Fahrzeugs außerdem präzise bekannt sein, um zielgenau an Haltelinien stoppen zu können. Für die nötige Präzision ist eine GNSS-Verortung allein, auch aufgrund der häufigen Abschattung in der Nähe von Gebäuden, nicht ausreichend. Für eine Lokalisierung per Landmarkenabgleich werden daher hochaufgelöste 3-D-Karten benötigt.

Bei HAF auf Autobahnen ist die laterale Orientierung auf der Fahrbahn fundamental. Dies kann schon mit heutigen Kamera-Systemen der Spurhalteassistenten in eingeschränktem Rahmen abgebildet werden. Die absolute Lokalisierung in Längsrichtung ist jedoch weniger präzise notwendig. Betrachtet man die Aufgabenstellung an einen menschlichen Fahrer auf der Autobahn lässt sich dies verdeutlichen: Lässt man die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern beiseite, ist der Fahrer bei der Autobahnfahrt hauptsächlich mit der Querführung beschäftigt und muss nicht notwendigerweise den genauen Autobahnkilometer (Längsposition entlang der Fahrbahn) kennen, auf welchem er sich befindet. Das Wissen über die eigene Längsposition ist im Rahmen von HAF allerdings insofern erforderlich, als dass die eigene Lage in Relation zu Anfangs- und Endpunkt des freigegebenen Teilstücks, gegenüber vorausliegenden Spurverengungen, Autobahnabfahrten, Baustellen und Verkehrshindernissen bekannt sein muss. Bei hinreichendem GNSS-Empfang mit einer Genauigkeit im Meterbereich ist dies hinsichtlich der Präzision zwar weitestgehend gewährleistet. Allerdings besteht keine Garantie über eine ausreichende Signalstärke. Weitere Maßnahmen zur zuverlässigen Ortung sind deshalb weiterhin zu untersuchen.

Auch eine Kommunikation mit aktiver Infrastruktur (siehe Car2X Kapitel) könnte hier ein Ansatz sein.

Die rechtzeitige Weitergabe von Informationen an Kartenbetreiber über geplante straßenbauliche Anpassungen ist eine wichtige Maßnahme, um die Aktualität der stationären Karte zu gewährleisten.

4.8 Car2X Kommunikation

Car2X Kommunikation ist der Oberbegriff für verschiedene Kommunikationsverbindungen. Der Ausdruck Car2Car Kommunikation (auch C2C bzw. V2V) bezeichnet eine direkte Informationsübermittlung zwischen Fahrzeugen, ohne die Verbindung über ein Backend. Unter Car2Infrastructure (C2I) versteht man die direkte Informationsübermittlung zwischen Fahrzeugen und straßennaher Infrastruktur. Unter Car2Backend bzw. mobilfunkbasierter Kommunikation versteht man die Informationsübertragung zwischen Fahrzeugen und Verkehrsleitzentralen, sowie herstellereigenen/herstellerübergreifenden Backends. Car2X Kommunikation ermöglicht die folgenden positiven Effekte:

- 1) Die Erweiterung des begrenzten **Wahrnehmungshorizonts** der Umfeldsensorik
- 2) Bereitstellung von Echtzeitinformation über relevante Verkehrereignisse durch Aggregation mehrerer Informationsquellen, z.B. andere Fahrzeuge und Verkehrsleitzentralen („**kooperative Perzeption**“) (Klanner/Ruhhammer 2015, S. 550; Matthaei 2015, S. 1148)

4.8.1 Fahrzeugeitige Kommunikationshardware

Für eine Vernetzung des Fahrzeugs mit einem Backend, der Infrastruktur oder anderen Fahrzeugen ist ein Kommunikationsmodul erforderlich. Im unteren Preissegment werden vorrangig Smartphone-basierte Lösungen („tethered⁷⁸“) eingesetzt. Nachteil dieser Lösungen ist, dass die Sicherstellung der Kompatibilität mit verschiedenen Smartphones mit hohem Aufwand für die Automobilhersteller verbunden ist, so dass nicht alle Smartphones unterstützt werden (Hecht 2014). Zudem sind integrierte Lösungen für den Fahrer aufgrund der besseren Display-Darstellung sicherer in der Bedienung (Hecht 2014). Mit einer integrierten SIM-Karte im Fahrzeug hat der Endverbraucher den Vorteil, dass er eine Out-of-the-box-Lösung kauft, die sofort einsatzbereit ist. Die Option des Tethering ist wiederum für OEMs in der Hinsicht attraktiv, dass der Verbraucher die Kosten für die Kommunikation und den Datentransfer trägt. Allerdings muss der Endverbraucher die Verbindung erst einrichten, was zu Problemen und somit zur Unzufriedenheit des Kunden führen kann (Hecht 2014). Zudem bestünde im Falle des Tethering für den OEM die Gefahr, die Kontrolle über die Schnittstelle zwischen Kunden und potenziellen Mehrwertdiensten aus der Hand zu geben. Dadurch, dass Tethered-Lösungen über die Einbindung eines fahrzeugfremden elektronischen Geräts, welches in der Regel über offene Schnittstellen verfügt (z.B. Android Smartphones), die Gefahr einer Manipulation dramatisch erhöhen würde, ist dieses Konzept zumindest für sicherheitskritische Kommunikationswege wie sie für HAF nötig sind nicht von Bedeutung.

⁷⁸ „Tethering“ bezeichnet das Freigeben einer Mobilfunkverbindung über einen WLAN-Hotspot im Fahrzeug, etwa über das Smartphone.

Die fahrzeugintegrierte Hardware, die sogenannte „Telematics Control Unit“ (TCU) oder „Onboard-Unit“ (OBU), verfügt durch eine Bussystemanbindung über einen direkten Zugang zu fahrdynamisch relevanten Messgrößen, die beispielsweise in der Sensorik des ESP erhoben werden (simTD 2013a). Dadurch ergibt sich der Vorteil, diese Informationen auch für Car2X-Anwendungen verfügbar zu machen. Continental geht diesem Ansatz in seinem M2XPro-Modul nach (Continental 2015d). Im Kommunikationsmodul der OBU werden Antennen für WLAN, GPS, Mobilfunk und Radio in einer Einheit integriert. Damit werden alle bisherigen Dienste, wie Navigation und Telefonie, bereitgestellt und es können zusätzlich Car2X-Funktionen angeboten werden. Um die für Mobilfunkkommunikation notwendige Identifizierung im Netz zu ermöglichen, verfügt das Fahrzeug über eine eigene SIM-Karte. Bereits jetzt besitzen viele Fahrzeuge besonders im Mittel- und Oberklasse-Segment eine integrierte SIM-Karte oder einen SIM-Karten Slot.

Ab April 2018 wird jedes in der Europäischen Union angebotene Neufahrzeug im Zuge dessen, dass das Notrufsystem eCall für alle neuen Fahrzeugtypen obligatorisch wird, zwar eine eigene SIM-Karte an Bord haben (VDA 2015c). Die Sim-Karte ist jedoch per technischer Spezifikation eine sogenannte „Dormant Sim“, was bedeutet, dass diese defaultmäßig „schläft“ und nur im Falle eines detektierten oder manuell ausgelösten Notrufs aktiv wird und eine Authentifizierung im Mobilfunknetz ermöglicht. Eine unmittelbare Nutzung des eCall-Moduls für Car2X-Funktionen ist daher auszuschließen.

4.8.2 Car2Backend

Alle Situationen, in denen ein Fahrzeug auf externe zentrale Informationen zugreifen muss, erfordern einen Gegenpart auf Infrastrukturseite. Backendsysteme stellen in ihrer Funktionsweise daher ein Client-Server-System dar (Klanner/Ruhhammer 2015, S. 550). Die Fahrzeuge liefern als Clients Daten an die Serversysteme, welche die Daten aggregieren und selektieren, und den Clients dann relevante Informationen zur Verfügung stellen. Ein gebräuchlicher Service ist die Bereitstellung von Stauinformationen durch aggregierte Bewegungsdaten. Je nach Funktion liegen diese Dienste bei verschiedenen Teilnehmern. Die aktuelle Verkehrslageinformation und Verkehrsleitung wird von Verkehrsmanagementzentralen geleistet. Je nach verwendeter Technologie können Fahrzeuge entweder direkt mit diesen kommunizieren oder nutzen den Weg über eine Zwischenstelle beim Fahrzeughersteller („OEM-Backend“). Bei BMW sind auf diese Weise bereits über zwei Millionen Fahrzeuge vernetzt, so dass über eine Backendverbindung Echtzeit-Verkehrsinformationen aus der flotteneigenen Datenbank angefordert werden können (Frickenstein 2014). Die beteiligten Fahrzeuge sind dafür mit einer Onboard-SIM-Karte ausgerüstet, wie sie auch in Mobiltelefonen eingesetzt werden. Die Verbindung zwischen Fahrzeug und Backend wird dann über das konventionelle Mobilfunknetz hergestellt.

Anwendungsbeispiel: Erweiterung des Wahrnehmungshorizonts

Das Beispiel eines „harten Stauendes“ zeigt, dass die Situation bei einem HAF-Fahrzeug auch ohne Informationen aus dem Backend nicht zu einem Unfall führt, jedoch aufgrund der begrenzten Reichweite der Umfeldsensorik mit starken Bremsmanövern verbunden ist. Mithilfe der Backend-Verkehrsinformationen sind sanftere Bremsmanöver und damit ein größerer Komfort und eine höheres subjektives Sicherheitsempfinden möglich (Klanner/Ruhhammer 2015, S. 549).

Abbildung 35 illustriert diesen Sachverhalt:

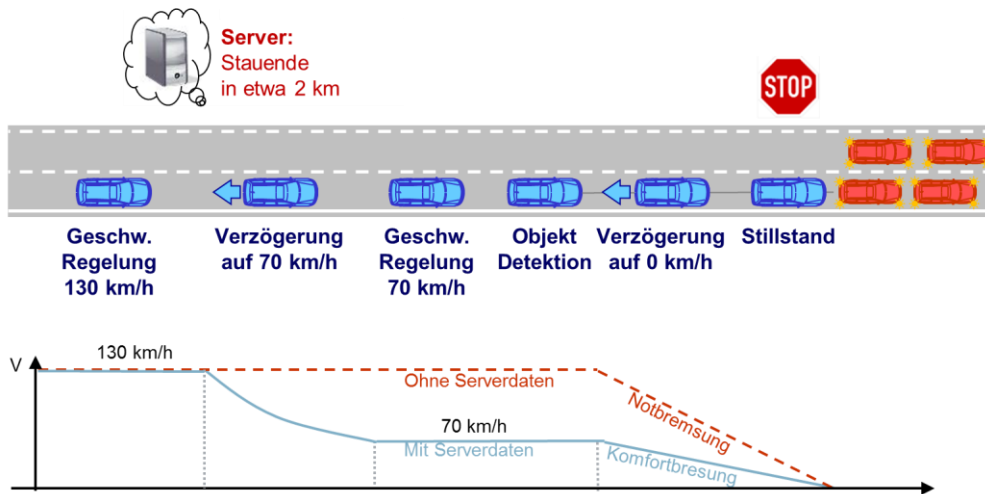


Abbildung 35: Auswirkung von Backendinformationen auf das Bremsverhalten⁷⁹

Eine rein auf bordeigener Sensorik basierende Realisierung von HAF könnte aufgrund des beschränkten Horizonts der Sensortechnik bei einer HAF-Geschwindigkeit von bis zu 130 km/h zudem zu Situationen führen, in denen die Übernahme der Fahraufgabe durch den Fahrer nicht rechtzeitig geleistet werden kann. Die Sensorik zur Umfelderkennung ist auf eine Reichweite von bis zu 200 m beschränkt. Für die Erfassung des Bereichs jenseits von 200 m muss daher auf externe Daten zurückgegriffen werden. Das Backend fließt daher als virtueller Sensor in die Sensor-Domain ein. Auch Stauenden in Kurvenbereichen können so mit ausreichender Vorwarnzeit vom System erkannt werden und stellen somit keine Sondersituation dar (Herrtwich 2013).

Backend-Betreiber

Aktuelle Fahrzeuge mit integrierter Internetverbindung (z.B. BMW Connected Drive, Daimler Command Online, Audi Connect) nutzen keine direkte Kommunikation mit externen Diensten, sondern verbinden sich ausschließlich zu herstellereigenen Servern – den „OEM-Backends“ (BMW 2015c; Daimler 2015h; Audi 2015f). Diese stellen Verbindungen zu dritten Diensten (z.B. Google, Facebook, Email-Account) her und leiten die Daten nach einer Prüfung an die Fahrzeuge weiter. Dieser Weg wird aus zwei Gründen besprochen:

- Sicherheit: Da die Fahrzeuge keine direkten Verbindungen zu dritten Diensten aufbauen, bleiben sie für diese „unsichtbar“. So ist es nicht möglich, von dritter Seite Anfragen an Fahrzeuge zu stellen oder diese „anzugreifen“.
- Anpassung der Interfaces: Die im Fahrzeug angebotenen Web-Dienste ändern in regelmäßigen Abständen ihre angebotenen Interfaces (sog. „API“). Durch die Kapselung der Anfragen im OEM-Backend können die Hersteller diese Änderungen direkt im OEM-Backend anpassen, ohne die Software der Fahrzeuge anpassen zu müssen.

Von Mercedes-Benz wird seit 2013 eine Car2X Funktion, zunächst mit ausschließlich eigenen Fahrzeugen, umgesetzt. Mittels einer App und einer Smartphone-Verknüpfung wird das Auto hierbei zum Sender und Empfänger gleichermaßen (Daimler 2015g). So werden dem Fahrer Informationen über nahende Einsatzfahrzeuge, Baustellen, Unfälle,

⁷⁹ Bartels/Ruchatz 2015

Staus oder Witterungsbedingungen mitgeteilt oder vom Auto gesendet, damit eine entsprechende Reaktion von informierten Verkehrsteilnehmern rechtzeitig möglich ist. Die Situationen werden automatisch detektiert oder per Knopfdruck in der Mittelkonsole kommuniziert. Daimler nutzt diesen mobilfunkbasierten Ansatz, da er eine nachrüstbare und schnelle Verbreitung der Zukunftstechnologie verspricht. Später könnte dann eine Ad-hoc-Kommunikation zwischen Fahrzeugen folgen. (Daimler 2015g) Das BMW-Projekt „Vernetzte Vorausschau“ geht einen ähnlichen Weg mit dem Ziel den Geschwindigkeitsverlauf und den Verkehrsfluss der nächsten zwei Fahrtminuten – auf der Autobahn mehrere Kilometer – vor auszusehen. Der Fahrer wird informiert und mit Empfehlungen zu Geschwindigkeit und Routenführung unterstützt. Derzeit wird die benötigte Rechenleistung in den Fahrzeugen erbracht – parallel wird jedoch an der Verlagerung der Rechenleistung in das Backend gearbeitet.⁸⁰

Möchte man eine Vernetzung der Backend-Services erreichen, wird man sich auf ein gemeinsames Datenformat verständigen und den Datenaustausch so absichern müssen, dass er vor Manipulationen sicher ist. Unterschieden wird, ob die Daten in erster Linie der Sicherheit oder dem Komfort dienen. Sicherheitsrelevante Daten werden man teilen wollen, andere nicht. „Für das Erschließen neuer Funktionen für die Kunden ist wichtig, dass sich die Hersteller möglichst früh auf eine einheitliche Normung einigen“ (Vogt 2015b). Standards für die Datenübertragung sind also besonders im sicherheits- und verkehrstechnisch relevanten Bereich anzustreben, im Bereich des Infotainments ist durchaus eine Diversifizierung der Angebote möglich und von den Herstellern auch gewünscht.

Im Forschungsprojekt CONVERGE wurde ein Vorschlag für eine Systemarchitektur erarbeitet, durch welche ein einheitlicher Datenaustausch festgelegt werden soll. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität für den Ein- und Austritt von Content- und Service Providern, was der Schaffung von neuen Geschäftsmodellen entgegenkommt. Gleichzeitig werden die Anforderungen an den Datenschutz durch ein integriertes IT-Sicherheitskonzept abgedeckt, welches die Daten der Nutzer schützt. Die Ergebnisse legen technisch und organisatorisch eine gute Grundlage für ein OEM-übergreifendes Backend (CONVERGE 2015).

Bewertung Car2Backend

Die Übermittlung von Streckenfreigaben an HAF-fähige Fahrzeuge stellt eine der Hauptfunktionen der Backend-Anbindung in Bezug auf HAF auf Autobahnen dar. Das Fahrzeug bekommt vom Backend die Information, auf welchen Autobahnabschnitten der HAF-Modus durch den Fahrer aktiviert werden kann. Diese Streckenfreigaben werden in regelmäßigen Intervallen aktualisiert und im Fahrzeug zwischengespeichert. Dabei ist wichtig, dass eine ausreichende Aktualität der Freigaben garantiert werden kann. HAF-Fahrzeuge profitieren außerdem von präzisen und aktuellen Informationen über den aktuellen Straßenzustand und die Verkehrssituation der befahrenen Straße. Dies gilt insbesondere für Situationen, in denen die Umfellsensorik bei der Erfassung der Umgebung des Fahrzeugs an ihre technischen Grenzen stößt – also z.B. bei schlechter Straßenwetterlage, in Baustellenbereichen oder in Sondersituationen wie einer Gefahr durch Falschfahrer. Die Übermittlung dieser Informationen an die Fahrzeuge kann von einem herstellereigenen Backend oder direkt von einer Verkehrsleitzentrale stammen.

Vernetzte HAF-Fahrzeuge mit ihren hochpräzisen Sensoren und den neuartigen Möglichkeiten der Verkehrslageerfassung stellen ihrerseits Informationsquellen dar, um Verkehrsinformationen an eine zentrale Stelle zu übermitteln. Wichtige Funktionen wären hierbei die Warnung vor Gefahren wie Glätte oder Unfällen sowie die zentrale

⁸⁰ BMW 2012, Vernetzte Vorausschau

Steuerung des Verkehrs zur Vermeidung von Staus durch gezielte Umleitungen und Geschwindigkeitsbegrenzungen. Dienste wie eine detaillierte Straßenzustandserfassung, in der einzelne Schlaglöcher oder Querfugen hochgenau kartographiert werden, sind ebenfalls denkbar. Auch Funktionen, die die unmittelbare Verkehrssicherheit erhöhen, können eingebunden werden. Beispielsweise könnte die exakte Position liegengebliebener Fahrzeuge automatisch an das Backend gemeldet werden, welches diese Information dann an Fahrzeuge weitergibt, die sie sich auf dem betreffenden Streckenabschnitt befinden. Diese als „Floating Car Data“ (FCD) zusammengefasste Funktion hat das Potenzial einer automatisierten Echtzeit-Verkehrslageerfassung und steht daher in den letzten Jahren im Fokus vieler Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

Wie bei allen Kommunikationsdiensten ist eine einheitliche Erfassung und Bereitstellung unbedingt anzustreben, damit Insellösungen vermieden werden und allen Verkehrsteilnehmer sicherheitsrelevante Informationen in gleicher Aktualität und Qualität zur Verfügung stehen. Hierbei könnte eine übergeordnete „Verkehrsdatenplattform“ dienlich sein, die herstellerübergreifend sicherheitsrelevante Informationen aggregiert und Informationen entweder direkt an die Fahrzeuge oder über OEM-Backends zurückspielt. Dabei müssen sowohl einheitliche Übertragungsstandards wie auch die zu übertragenden Inhalte definiert werden. Zudem ist es notwendig, dass sowohl Hersteller als auch Verkehrsleitenden verpflichtet werden relevante Informationen zu teilen. Nicht zuletzt müssen hierbei Sicherheitsanforderungen und Regulierungsnotwendigkeiten geprüft werden. Vorbild für den herstellerübergreifenden Austausch sicherheitsrelevanter Daten könnte der 2012 von der BASt gestartete Mobilitäts Daten Markt (MDM) sein. Der MDM ist eine Internetplattform, die der Vernetzung und Bereitstellung verkehrsrelevanter Daten zu Staus, Baustellen, Parkflächen oder Verkehrsflüssen dient, und das Ziel hat, Anbieter, Veredler und Abnehmer von Verkehrsdaten zusammenzubringen und eine Infrastruktur für den transparenten und qualitätsgeprüften Handel mit Echtzeitdaten bereitzustellen (MDM 2015).

Besonders relevant ist dies auch im Bereich der Übermittlung von Karteninformationen. Alle zurzeit in der Entwicklung befindlichen HAF-Systeme bauen auf einer hochpräzisen und vor allem hochaktuellen Karte auf. Eine präzise stationäre Karte auf den für HAF zunächst in Frage kommenden Straßenabschnitten flächendeckend zu erfassen liegt in den Möglichkeiten der Branchenführer in der digitalen Kartographie. Die Karte hochaktuell zu halten ist mit den eingesetzten Messfahrzeugen jedoch mit hohem Aufwand verbunden. Daher sehen aktuelle Ansätze vor, dass die HAF-Fahrzeuge selbst Änderungen an der Karte erkennen und an entsprechende Aggregationsdienste leiten. Dies wird auch als „selbstheilende Karte“ bezeichnet.

Beim Car2X Forschungsprojekt simTD unter Federführung von Daimler kam die Automobilindustrie zu dem Schluss, dass ein Austausch von Echtzeitdaten vor allem bei einer hohen Zahl ausgerüsteter Fahrzeuge einen bedeutenden Mehrwert zur Verkehrssicherheit leisten kann. Auch dazu könnte und sollte eine Standardisierung der Datenübertragung beitragen. Hierfür ist eine Einigung der Hersteller notwendig (Vogt 2015b).

4.8.3 Car2Infrastructure

Aktive Infrastruktur bezeichnet den Einsatz von ITS Roadside Stations (IRS) und einer ITS Central Station (ICS), die über ein einheitliches Kommunikationsprotokoll Informationen mit den Fahrzeugen austauschen. Fahrzeuge des Herstellers Audi kommunizieren mit Ampeln bzw. deren zentraler Steuerung und können so die optimale Geschwindigkeit für eine „grüne Welle“ berechnen, dem Fahrer die Restwartezeit an einer roten Ampel angeben und ihm so – bei gesteigertem Komfort –

helfen, Kraftstoff zu sparen. Zeitgleich sammeln Ampeln Daten über den Verkehr, wobei keine zuordenbaren Daten der Fahrzeuge erfasst werden. Ein ähnliches System könnte – über Wechselverkehrszeichen hinausgehend – auf Autobahnen installiert werden, um so den Verkehr entsprechend steuern und den Verkehrsfluss optimieren zu können.

Durch IRS können zentral vorliegende Informationen, beispielsweise Unfälle, Baustellen, etc., gezielt an Fahrzeuge weitergegeben werden, welche sich im relevanten Bereich befinden. Diese Stationen können vor Ausfahrten und Autobahnkreuzen platziert oder beispielsweise zur Information im Baustellenbereich mobil eingesetzt werden und dienen als Schnittstelle zwischen Fahrzeugen und zentral (z.B. Witterung) oder lokal (z.B. Baustelle) hinterlegten Verkehrsinformationen. Neben den dynamischen Informationen können die IRS auch statische Informationen wie Tempolimits oder Informationen über den Zustand der Straße übertragen.

Bewertung Car2Infrastructure

Mit einer kommunikationsfähigen Infrastruktur wird im Betrachtungszeitraum bis 2020 nicht gerechnet (Herrtwich 2014). ITS-Roadside Stations sind jedoch technisch verfügbar (Herrtwich 2014) und wesentliche Standards sind festgelegt (Brignolo 2013). Weil sich die Hersteller nicht von noch nicht feststehenden, hohen Investitionen der öffentlichen Hand in die Infrastruktur abhängig machen wollen, werden primär Lösungen verfolgt, die ohne eine flächendeckende Ausstattung mit ITS-Roadside Stations auskommen. Bevor ein verlässlicher einheitlicher Standard und ein definierter Umsetzungsplan gefunden ist, werden von den Herstellern individuelle Lösungen verfolgt. Die Klärung der Kostenfrage muss aber eine Potenzialabschätzung der markenübergreifenden Kommunikation der Fahrzeuge beinhalten, denn der größte Nutzen dieser Technologie entsteht, wenn alle Fahrzeuge miteinander vernetzt sind. Aus einer Berechnung des simTD-Konsortiums folgt demnach, dass trotz hoher Investitionskosten für die Umrüstung der Infrastruktur, die für den Zeitraum 2015-2035 geschätzte 1,3 Mrd. Euro pro Jahr betragen würden, der volkswirtschaftliche Nutzen um ein vielfaches höher angesetzt werden kann (12,49 Mrd. Euro) (simTD 2013b). Japan hat im Bereich der Car2I Kommunikation eine Vorreiterrolle inne. Dort ist ein derartiges System bereits im Markt verfügbar. Sogenannte ITS-Spots kommunizieren dabei mit ETC-Systemen (Electronic Toll Collection). Aktuell sind in Japan rund 1.600 dieser ITS-Spots installiert und 86,2% aller Fahrzeuge auf Schnellstraßen verfügen über ein ETC-System. So konnten an Unfallschwerpunkten, durch die vorzeitige Warnung vor einem Stauende, bis zu 60% der Unfälle verhindert werden (MLIT 2012).

4.8.4 Car2Car

Car2Car Kommunikation bezeichnet den direkten Datenaustausch zwischen Fahrzeugen mittels eines WLAN-basierten Funkstandards. Alle zurzeit geplanten kooperativen Funktionen agieren jedoch komplett getrennt von der Automatisierung und dienen nur der Fahrerinformation. Eine Verknüpfung von Automatisierung und Kooperation ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abzusehen und nur in Forschungsprojekten sichtbar (Fortelle/Qian/Diemer 2014). Die Technologie ist daher für HAF nicht essentiell, kann aber weitere Potenziale des HAF (z.B. effizientere Abstandhaltung, direkte Warnung vor verkehrsrelevanten Situationen) eröffnen. Weitere Forschung im Bereich Car2Car für HAF ist angebracht, kooperatives HAF könnte den logischen nächsten Schritt nach der ersten Einführungsstufen des HAF darstellen.

Anwendungsbeispiel: Kooperative Fahrmanöver

Weitere, technologisch anspruchsvollere Systeme sollen künftig über die reine Information an das Fahrzeug/den Fahrer hinausgehen und so genannte „kooperative Fahrmanöver“ ermöglichen. Hierbei werden aktuelle Fahrzeugzustände zwischen den

Fahrzeugen übermittelt und das Fahrverhalten direkt aufeinander abgestimmt („Schwarmverhalten“). So könnte zum Beispiel beim Anfahren an Ampeln ein höherer „Durchsatz“ von Fahrzeugen pro Grünphase erreicht oder der Verkehrsfluss an Kreisverkehren erhöht werden. Auch Unfallfolgen könnten durch „kooperatives Ausweichen oder Abbremsen“ vor der Kollision gemindert werden (Sawade/Radusch 2013). Ein weiterer, fortgeschrittener Anwendungsfall von Car2Car Kommunikation ist das sog. „Platooning“, bei dem miteinander kommunizierende Fahrzeuge in einem Konvoi auf der Autobahn fahren und hierbei die Abstände zwischen den Fahrzeugen so gering gehalten werden, dass der Kraftstoffverbrauch deutlich gesenkt werden kann. Kooperatives Fahren spielt im Einführungszeitraum des HAF jedoch keine Rolle, da ein nennenswerter Mehrwert nur bei großer Teilnehmerzahl zu erwarten ist.

Bewertung Car2Car

Laut dem Marktforschungsinstitut Frost & Sullivan summieren sich die Kosten für Staus alleine in Deutschland auf 17 Milliarden Euro pro Jahr, etwa in Form verlorener Arbeitszeit (Frost & Sullivan 2014g). Langfristiges Ziel der Car2Car Kommunikation ist daher neben der Erhöhung der Verkehrssicherheit auch eine Effizienzsteigerung des Verkehrssystems. In ersten Feldversuchen und darauf aufbauenden Simulationen konnte nachgewiesen werden, dass die direkte Kommunikation zwischen Fahrzeugen große Potenziale zur Erreichung dieser Zielstellungen birgt. Im öffentlich geförderten Projekt simTD wurde für bestimmte Car2Car Anwendungen unter der Annahme einer 100%igen Ausstattungsquote im Jahr 2035 ein Kosten-Nutzen-Quotient größer als 8 errechnet. Selbst bei der Annahme einer schrittweisen Serieneinführung im Zeitraum von 2015-2035 lag dieser Quotient noch bei über 3⁸¹ (simTD 2013b). Auch in weiteren Projekten, wie DRIVE C2X oder Safety Pilot wurde die Wirksamkeit von Car2Car Funktionen belegt und die Marktreife erhöht.

Für erste Anwendungen im Bereich des HAF im Betrachtungszeitraum bis 2020 werden über Car2Car Kommunikation übertragene Informationen nicht direkt in die Manöverplanung der Fahrzeuge einfließen. Nichtsdestotrotz wird die Car2Car Kommunikation als Baustein hoch- und vollautomatisierter Fahrfunktionen folgender Generationen angesehen, und sie ermöglicht durch die Warnung der an einer riskanten Verkehrssituation beteiligten Fahrzeuge vor drohenden Gefahren, eine signifikante Steigerung der Verkehrssicherheit von der auch nicht-HAF-fähige Fahrzeuge profitieren können. Die direkte Kommunikation zwischen Fahrzeugen ist damit zwar keine zwingende Voraussetzung für HAF, wird jedoch in Zukunft wichtig für eine intelligentere und performantere automatisierte Fahrfunktion sein.

Für die Nutzung des vollen Potenzials von Car2Car Kommunikation ist eine hohe Verbreitung von Car2-Car-fähigen Fahrzeugen nötig: Noch ist unklar, wann die nötige Marktdurchdringung erreicht sein wird (Vogt 2014).

4.8.5 Übertragungsstandards

Zur Datenübertragung sind Lösungen möglich, die als drahtlose Kommunikationsstandards entweder Mobilfunk, WLAN oder Nahbereichsfunk vorsehen. Dazu kommen noch Speziallösungen wie z.B. Infrarotkommunikation an Mautbrücken, welche nicht weiter thematisiert werden.

⁸¹ Im Projekt simTD wurden nur Fahrerinformationssysteme erprobt, die dem Fahrer entsprechende Empfehlungen geben. Die Potenziale für einen „kooperativen Verkehrs“ sind demnach als weitaus größer einzuschätzen.

Mobilfunk: UMTS/LTE/5G (Car-2-Backend)

Derzeit werden die bestehenden Mobilfunknetze zur Datenübertragung zwischen Fahrzeugen und Backends/Drittanbietern genutzt, um z.B. Statusinformationen der Fahrzeuge zu übertragen, Infotainment anzubieten oder für gelegentliche Kartenaktualisierungen und Verkehrshinweise. Die Begriffe UMTS, LTE und 5G stehen für verschiedene Evolutionsstufen der infrastrukturbasierten Datenmobilfunkkommunikation. Verschiedene kommerzielle Mobilfunknetzanbieter betreiben Netze, die in Deutschland und Europa eine hohe Dichte aufweisen. Über diese Netze können Datenverbindungen ins Internet und zu den OEM-Backends hergestellt werden. Für den heutigen Funktionsumfang vernetzter Fahrzeuge, welcher bezüglich der Datenraten weit unter den Werten durch die Nutzung mobiler Kommunikationsgeräte liegt, steht eine ausreichende Netzabdeckung und -kapazität mit Mobilfunk auf Basis von LTE weitestgehend zur Verfügung. Die beiden größten Netzanbieter versorgen etwa 77% der Bevölkerung, wobei zu beachten ist, dass sich die Abdeckung auf Siedlungsräume konzentriert.⁸² Autobahnstücke, welche in dünn besiedeltem Gebiet liegen, weisen daher noch häufig eine unterdurchschnittliche Versorgung mit leistungsfähigen Mobilfunkstandards auf. Der LTE-Standard bietet – ein guter Mobilfunk-Empfang und die entsprechende Hardware vorausgesetzt – mit einer maximalen Übertragungsleistung von derzeit bis zu 100 Mbit/s generell die Möglichkeit große Datenvolumen auszutauschen. Mit MIMO-Antennen (multiple-input multiple-output) sind theoretisch sogar Download-Geschwindigkeiten von 300 Mbit/s möglich. Entscheidend ist jedoch immer auch die lokale Verfügbarkeit und Übertragungsleistung. Welche Daten im Zusammenhang mit HAF-Funktionen genau übermittelt werden und wie häufig, ist noch nicht exakt definiert. Es wird jedoch eine Unterscheidung nach Relevanzkategorien in der Taktung der an Fahrzeuge gesendeten Daten erwartet. Sicherheitskritische Informationen sollten möglichst zeitnah bereitgestellt werden, während andere, weniger echtzeitrelevante Datenpakete (z.B. Kartenupdate für ein nicht im Fahrzeugpfad befindliches Streckenstück) in geringeren Takten versendet oder bei Bedarf vom Fahrzeug abgefragt werden können.

Eine Eigenschaft, die es bei einer Nutzung des LTE-Netzes in schnell bewegten Fahrzeugen noch zu berücksichtigen gilt, ist die Art und Weise des Funkzellenwechsels und damit potentiell einhergehenden Verbindungsunterbrechungen. Im LTE-Netz wird ausschließlich ein „Hard Handover“-Verfahren verwendet, welches nach dem „Break-before-Make“-Prinzip funktioniert, d.h. die Verbindung zur Zielzelle wird erst aufgebaut, nachdem die Verbindung zur Ursprungszelle abgebrochen wurde. Derartige Unterbrechungen sind jedoch bei guter Synchronisierung nur von kurzer Dauer und stellen für eine Anwendung bei Autobahngeschwindigkeit eine zu beachtende, aber technisch lösbare Problematik dar.

Neben dem Datenbedarf im Zusammenhang mit der Automatisierungsfunktion erzeugt ein weiterer Anwendungsfall im Kontext des HAF den Bedarf nach einem schnellen und leistungsfähigen Mobilfunknetz: Durch die gewonnene Freiheit für fahrfremde Tätigkeiten während der hochautomatisierten Fahrt wird ein gesteigerter Bedarf nach Unterhaltungsdiensten (z.B. Infotainment-Funktionen) erwartet. So erfordert die reibungslose Nutzung medialer Inhalte, wie z.B. das Streaming von Musik und Filmen oder das Führen von Videotelefonaten, ebenfalls ein leistungsfähiges Mobilfunknetz. Durch die von vernetzten Fahrzeugen künftig produzierte Datenmenge ist daher ein weiterer Ausbau der Mobilfunknetze entlang der BAB sowie der baldige Wechsel hin

⁸² Die Verfügbarkeit der drei größten Netzbetreiber liegt im Mai 2015 zwischen 60 und 78 %. LTE Anbieter Info (Hrsg.), LTE Verfügbarkeit testen, abrufbar unter: <http://www.lte-anbieter.info/verfuegbarkeit/lte-verfuegbarkeit-testen.php>.

zu „5G“, welches Übertragungsraten von bis zu 10 GBit/s ermöglichen soll, eine wichtige Maßnahme zur Unterstützung von hochautomatisierten, kommunizierenden Fahrzeugen.

Exkurs: Netzneutralität im Kontext des automatisierten Fahrens:

Im Kontext von Datenverbindungen stellt sich häufig die Frage nach der sogenannten „Netzneutralität“. Grundsätzlich bezeichnet dieser Begriff eine Gleichbehandlung von Daten bei der Übertragung im Internet und den diskriminierungsfreien Zugang bei der Nutzung von Datennetzen. Netzneutrale Internetdienstanbieter behandeln alle Datenpakete bei der Übertragung gleich, unabhängig von Sender und Empfänger, dem Inhalt der Pakete und der Anwendung, die diese Pakete generiert hat. Die Befürworter einer Netzneutralität heben insbesondere hervor, dass die enthaltene Gleichbehandlung der Datenpakete innovationsfördernd sei, da auch kleinere Anbieter von internet-basierten Services dem Endkunden die gleiche Service-Qualität (im Sinne der Geschwindigkeit der Datenübertragung) bieten können wie große, etablierte und finanzstarke Anbieter.

Im Kontext von automatisierten Fahrzeugen stellt sich die Frage, ob grundsätzlich ein Bezug zur Thematik der Netzneutralität gegeben ist. Falls ja, stellt sich zudem die Frage, ob es regulatorischen oder industriepolitischen Handlungsbedarf gibt.

Die Anbindung von Fahrzeugen an Backends erlaubt eine dort stattfindende Aggregation, Analyse und Rückverteilung von Informationen. Diese Informationen dienen den Fahrzeugen dazu, die Möglichkeit des automatisierten Fahrbetriebs abzufragen und in verschiedenen Verkehrsszenarien die Qualität des automatisierten Fahrzeugverhaltens zu steigern. Ein Beispiel hierzu ist das frühzeitige Erkennen eines Stauendes, welches über die fahrzeugeigene Sensorik noch nicht erfasst werden kann. Ähnlich wie bei der Fragestellung zur funktionalen Sicherheit ist es durch eine Kategorisierung der durch Backend-Anbindung ermöglichten Anwendungsfälle möglich, diejenigen Anwendungsfälle zu bestimmen, die einen erheblichen Einfluss auf Verkehrssicherheit und Unfallvermeidung haben. Diese Anwendungsfälle erfordern ein sehr hohes Maß an Verfügbarkeit und Qualität der Kommunikationsstrecke zwischen Fahrzeug und Backend und aller dabei beteiligten technischen Elemente.

Die Frage der Netzneutralität wird dann relevant, wenn die genutzte Kommunikationsstrecke von unterschiedlichen Parteien oder Diensten gemeinsam genutzt wird, und sich somit die Frage der Priorisierung des Datenstroms ergibt. Insofern ist eine genauere Betrachtung der Kommunikationsstrecke notwendig, um die Relevanz der Netzneutralität im Kontext automatisierte Fahrzeuge zu bestimmen.

Der Weg eines Datenpakets vom Fahrzeug hin zum Backend kann in zwei Bereiche aufgeteilt werden: Erstens, die Übertragung der Daten über das Mobilfunknetz hin zu einem Übergabepunkt in ein leitungsgebundenes Netz. Zweitens, den weiteren leitungsgebundenen Weg der Daten bis zum Backend.

Netzneutralität und das Mobilfunknetz

Anders als im Internet, ist Netzneutralität kein Basismerkmal des Mobilfunknetzes. Vielmehr erlaubt das Mobilfunknetz bereits heute die Diskriminierung (bzw. Priorisierung) von Sprachanrufen sowie Datenverbindungen. So wird mit der sogenannten Telekommunikationsbevorrechtigung einem bestimmten Teilnehmerkreis die bevorrechtigte Inanspruchnahme von

Telekommunikationsdienstleistungen im Krisenfall ermöglicht. Dies betrifft allerdings ausschließlich lebenswichtige und verteidigungswichtige Einrichtungen.⁸³

Unabhängig davon ist es aber grundsätzlich für jeden Nutzer des Mobilfunknetzes möglich, durch entsprechende technische Konfiguration eine Priorisierung der eigenen Datenverbindung zu erhalten.⁸⁴ Da diese Konfigurationsmöglichkeiten jedem Kunden der Mobilfunknetzanbieter in Deutschland (gegen Entgelt) zur Verfügung stehen, besteht hinsichtlich des Mobilfunknetzes keine Notwendigkeit für weitere industriepolitische oder regulatorische Aktivitäten im Kontext der Netzneutralität und dem automatisierten Fahren.

Netzneutralität und der leitungsgebundene Datentransfer zu/von Backendsystemen

Der zweite Teil des Datenwegs ist die leitungsgebundene Übertragung der Fahrzeuginformationen aus dem Mobilfunknetz hin zum Backend und zurück. Falls diese Übertragung über das allgemeine Internet erfolgen würde, würden diese Daten im Grundsatz diskriminierungsfrei übertragen und könnten somit keine Priorisierung genießen. Allerdings ist die Wahl der Datenübertragung über das Internet nicht die einzige Option. Vielmehr kann der Terminierungspunkt im Mobilfunknetz so gewählt werden, dass das Mobilfunknetz die zu übertragenden Daten an eine dedizierte, d.h. exklusive Datenleitung übergibt. Diese Leitung führt dann direkt zu einem Terminierungspunkt, an dem ein Übergang in das Backend-Netz erfolgt. Dies entspricht auch der heutigen technischen Realisierung bei den im Bereich des vernetzten Fahrzeugs führenden deutschen OEMs. Da diese Leitung dediziert zum Zweck der Datenübertragung von Fahrzeug- und Verkehrsdaten zum/vom Backend eingekauft wird, kann der Nachfrager (z.B. der OEM) die Servicequalität, Redundanzanforderungen und Übertragungsgeschwindigkeit frei bestimmen und wird dies schon im eigenen Interesse so tun, dass auch sicherheitskritische Informationen in der notwendigen Geschwindigkeit und Qualität übertragen werden. Demnach besteht keine Notwendigkeit für weitere industriepolitische oder regulatorische Aktivitäten im Kontext der Fragestellung.

Unabhängig von der Frage der Netzneutralität ist jedoch zu betonen, dass nicht nur die Priorisierung auf der Mobilfunkstrecke kritisch ist, sondern auch die Priorisierung durch das Kommunikationsmodul beachtet werden muss. Darüber hinaus sind alle nutzenden Elemente und Funktionen im Auto so umzusetzen, dass auch bei einer instabilen oder

⁸³ Ein im Kontext der Fahrzeug-zu-Backend Kommunikation dadurch entstehender Effekt kann es somit sein, dass es bei einer Verfügbarkeit eines 2G Netzes sein kann, dass das Fahrzeug keine Kommunikation aufbauen kann, weil in der zur Verfügung stehenden Zelle gerade bevorzugte Verbindungen aktiv sind. Siehe auch (Bundesnetzagentur 2014).

⁸⁴ Ohne auf technische Spezifika oder mögliche Variationen im Detail einzugehen, im Folgenden eine Beschreibung eines typischen Aufbaus der Kommunikationsstrecke für Telematikdaten im Mobilfunknetz: Beim Aufbau einer GPRS- oder UMTS/LTE-Paketdaten-Verbindung teilt das Kommunikationsmodul im Fahrzeug dem Serving GPRS Support Node (SGSN) den konfigurierten Access Point Name (APN) mit. Der SGSN bestimmt darauf durch eine Domain Name Server (DNS) Abfrage im IP-Netz den für diesen APN eingetragenen zuständigen Gateway GPRS Support Node (GGSN). Danach wird zwischen SGSN und GGSN eine Verbindung auf Basis des GPRS Tunneling Protocol (GTP) aufgebaut, über die die Datenpakete vom Kommunikationsmodul zum Access Point und von dort ins Paketdaten-Netz transportiert werden. Für automatisierte oder autonome Fahrzeuge lässt sich also eine priorisierte Datenverbindung im Mobilfunknetz wie folgt herstellen: Erstens, durch entsprechendes Einrichten eines GGSN, der eine priorisierte Datenbehandlung sicherstellt und auch die Security (Angriffssicherheit) der Datenstrecke zwischen Fahrzeug und Backend unterstützt. Zweitens, durch einen auf diesen GGSN zeigenden APN.

nicht vorhandenen Datenverbindung zum Backend kein Gefährdungspotenzial entsteht..

WLAN (Car2Car & Car2Infrastructure) und Bluetooth

Für Car2Car und Car2Infrastructure Kommunikation wurde ein neuer WLAN-Standard entwickelt (IEEE 802.11p bzw. ITS G5). Dieser kann Daten innerhalb von Millisekunden zuverlässig bis über mittlere Distanzen (>500 m) übertragen. Mittels sogenanntem Multi-Hopping, der Informationsweitergabe von Fahrzeug zu Fahrzeug, können noch größere Strecken überwunden werden.

Die direkte Kommunikation zwischen Fahrzeugen sowie zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur (DSRC – Dedicated Short Range Communication) wurde in den letzten Jahren von mehreren Konsortien vorangetrieben und steht vor der Markteinführung. Mit IEEE 802.11p gibt es eine gemeinsame Basis, zudem wurden in Feldtests die Reife und Wirksamkeit dieser Funktionen nachgewiesen (Festag 2014; simTD 2013a). Bei IEEE 802.11p handelt es sich um eine Erweiterung des bekannten IEEE 802.11a WLAN-Standards. Freigegeben ist der Frequenzbereich um 5,9 GHz. Die Erweiterung „p“ wurde mit der Veröffentlichung von IEEE 802.11 2012 zusammen mit anderen Erweiterungen zu einem Standard zusammengefasst. Mit 802.11p können Informationen Ad-Hoc zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur am Straßenrand ausgetauscht werden. Der 802.11p Standard geht insbesondere auch auf den Umstand ein, dass aufgrund hoher Relativgeschwindigkeiten oft nur kurze Zeitintervalle zum Datenaustausch zur Verfügung stehen. Durch einen verkürzten Authentifikationsprozess werden daher die relevanten Nutzdaten schneller ausgetauscht.

Die Übertragungstechnologien WiFi (IEEE 802.11 a/b/g/n/ac) und Bluetooth (IEEE 802.15.1) können auch als Nahbereichsfunktechnologien zur Kopplung mit persönlichen Geräten der Fahrzeuginsassen verwendet werden. Über einen WLAN-Hotspot mit dem Fahrzeug als Host können so schon heute Tablets und andere Unterhaltungselektronik im Innenraum verwendet werden. Die Schnittstelle innerhalb des Fahrzeugs ist hinreichend entwickelt, für HAF-Funktionalität jedoch nicht relevant. Die Vernetzung zwischen Fahrzeugen über IEEE 802.11p hingegen befindet sich noch in der Entwicklung hin zur Serienreife.

Das für Car-2-X Kommunikation nach IEEE 802.11p reservierte Frequenzband liegt mit 5,85 bis 5,925 GHz sehr nah an dem für normales WLAN nach IEEE 802.11n genutzten Band von 4.915–5.825 GHz. Dadurch ist es für WiFi ein lohnendes Band zur Erweiterung der Bandbreite von WLAN. Es reicht in vielen Fällen eine Software-Anpassung, da das RF-Modul und die für das 802.11p geeignet wären. Da 802.11p noch nicht im Markt ist und sich eine stetige Verbesserung von Bandbreite und Latenz im Mobilfunkbereich abzeichnet ist das Argument der Gegner von .11p, dass auch durch Mobilfunk eine hinreichende Car-2-X Kommunikation möglich ist. Weiterhin gibt es den Vorschlag des „Shared Space“, in dem beide Standards gleichzeitig das 5.9Ghz Band nutzen. Die Consumer-Geräte sollen dann in der Präsenz von Fahrzeugen automatisch die Frequenzen freigeben.

Das Hauptargument gegen diese Änderungen ist die unerreichte Latenz von 802.11p für sicherheitskritische Anwendungen, z.B. die Warnung vor einem Stauende oder einem stark bremsenden Fahrzeug voraus. Die durch Nutzung von Mobilfunk und zentralen Servern addierte Latenz (von 200-500ms) bedeutet für diese Anwendungen eine wesentlich erhöhte Unfallgefahr. Ebenso tritt dies im Shared Space auf, falls Endpunkte die priorisierte Nutzung von Car-2-X zu spät oder gar nicht erfassen und die Frequenzen nicht freigeben. Dies ist vor allem wahrscheinlich, sobald günstige Endpunkte eingesetzt werden, die den Standard nicht komplett befolgen.

4.8.6 Technische Reife und Handlungsbedarf

Im Rahmen einer Kooperation von Deutschland, den Niederlanden und Österreich wurde gemeinsam mit der Industrie ein sog. „ITS Corridor“ zwischen Rotterdam, Frankfurt/M. und Wien angekündigt, der ab 2015 umgesetzt werden soll. In dem Projekt stehen die frühzeitige Warnung vor Tagesbaustellen sowie ein verbessertes Verkehrsmanagement im Vordergrund (BMVI 2015d).

Insgesamt ist in den nächsten 2-3 Jahren ein erhebliches Wachstum im Bereich Car2X zu erwarten (vor allem in der Ausprägung Car2Backend). Ab dem Jahr 2015 starten 15 OEMs und 10 Tier 1-Zulieferer Car2X Anwendungen in Europa. Außerdem gibt es Gespräche zur Definition gemeinsamer Standards, deren Ergebnisse jedoch noch nicht absehbar sind. Bisher ist die Entwicklung von marktfähigen Produkten in der Car2X Kommunikation vor allem auf den Aufbau OEM-spezifischer Backends und Datenübertragungsstandards konzentriert, wobei Daimler und Volvo als führende OEMs bei der Car2X Kommunikation gelten. Nach einer Studie von Frost & Sullivan wird ein erhebliches Wachstum, sowohl bei Onboard-Units als auch bei Road-Side-Units, bis 2020 erwartet. Ab dem Jahr 2015 wird der geplante Aufbau von ITS-Infrastruktur in Europa und Nordamerika umgesetzt. Dabei wird allerdings erwartet, dass sich die Car2Car-Kommunikation schneller ausbreitet als die Car2Infrastructure Kommunikation. So rechnet Frost & Sullivan damit, dass im Jahr 2030 ca. 40% aller Fahrzeuge in Europa mit Car2Car Kommunikationssystemen ausgestattet sein werden (Frost & Sullivan 2014e).

Zusammenfassend geht von der Car2X Kommunikation ein großes Potenzial für Verkehrssicherheit, Effizienz und Komfort aus. Die Verknüpfung von HAF und Car2X kann Synergien beider Technologien erschließen. In welcher Ausprägung genau, befindet sich jedoch noch in der Erforschung. Abhängig von den Systemgrenzen ist eine unterschiedliche Stabilität der Datenverbindung im HAF-Modus zum Backend erforderlich. Dies stellt entsprechende Anforderungen an die Netzabdeckung im Bereich der BAB. Die öffentliche Hand hat somit die Aufgabe, die flächendeckende Abdeckung durch ein leistungsfähiges Mobilfunknetz an deutschen Autobahnen sicherzustellen.

Die für Car2X Funktionen genutzte Backend-Hardware unterscheidet sich nicht von der Hardware, die für andere Server-Anwendungen genutzt wird. Alle Server-basierten Dienste werden auf marktüblichen Servern in Rechenzentren ausgeführt. Diese sind (nahezu) beliebig skalierbar und stellen für HAF und weitergehende Dienste eine begrenzte Herausforderung dar.

Direkte Car2Car Kommunikation zwischen Fahrzeugen, beispielsweise über das IEEE 802.11p Protokoll ist für HAF nicht erforderlich, kann aber zur weiteren Steigerung von Effizienz und Verkehrssicherheit genutzt werden. Mit automatisiert kooperativ fahrenden Fahrzeugen ist bis zum Jahr 2020 nicht zu rechnen.

Die mobilfunkbasierte Kommunikation mit einer externen Instanz ist notwendig für die Erteilung und den Widerruf von Streckenfreigaben. Bei dieser externen Stelle könnte es sich um eine zentrale Verkehrsleitstelle oder um entsprechend über die freigegebenen Streckenstücke informierte herstellereigene Backends handeln. Da Fahrzeuge von verschiedenen Herstellern mit unterschiedlicher Umfeldsensorik ausgestattet sein werden, werden sich die Systemgrenzen der Fahrzeuge unterscheiden, so dass es langfristig und insbesondere bei Ausweitung der Funktionsumfänge denkbar ist, dass Streckenfreigaben individualisiert vergeben werden.

Die Frage, ob Car2Backend oder Car2Infrastructure die besser geeignete Technologie zur Übermittlung situationsbezogener Informationen ist, muss geklärt werden. Aus

diesem Grund ist die Ausrüstung einzelner Testfelder, wie der Autobahn A9, mit kommunizierender Infrastruktur sinnvoll, um den forschenden Unternehmen und Instituten die Möglichkeit zum Test im realen Umfeld zu geben und den Mehrwert straßennaher aktiver Infrastruktur prüfen zu können. Außerdem muss in jedem Bereich der Fahrzeugkonnektivität die Sicherheit der Datenübertragung garantiert werden können, um Systemmanipulationen zu verhindern und Datenschutzrichtlinien zu erfüllen.

Laut Expertenaussagen ist es denkbar, dass sicherheitsrelevante Informationen einer deutschlandweiten Karte (z.B. Vorhandensein von Linienmarkierungen) staatlich reguliert werden (Experteninterview Zulieferer 5). Auf Bahnführungsebene besteht unter den Fahrzeugh Herstellern und -zulieferern der Konsens, dass hochautomatisiertes Fahren „Infrastruktur-autark“⁸⁵ und lediglich unter Verwendung der fahrzeugeigenen (Umfeld-)Sensorik und mithilfe digitaler Karten realisiert werden soll.

- **Car2X ist von Bedeutung als Erweiterung des begrenzten Wahrnehmungshorizonts der Umfelsesensorik und zur Übermittlung von aggregierten Bewegungsinformationen für Verkehrslagehinweise und Warnhinweise in gefährlichen Verkehrssituationen**
- **Es sind drei unterschiedliche Car2X Ausprägungen zu unterscheiden:**
 - **Car2Backend: Das Fahrzeug kommuniziert mit einem zentralen Server**
 - **Car2Infrastructure: Das Fahrzeug kommuniziert mit aktiven Infrastruktur-Komponenten**
 - **Car2Car: Das Fahrzeug kommuniziert direkt mit anderen Fahrzeugen**
- **Derzeit sind ausschließlich Car2X Lösungen im Markt erhältlich, bei denen Fahrzeuge mit einem herstellereigenen Backend kommunizieren (Car2Backend). Für eine höhere Wirksamkeit ist eine Vernetzung der spezifischen Backends sinnvoll, wofür zuerst gemeinsame Datenstandards definiert werden müssen**
- **Car2Backend wird auch in Bezug auf HAF als die bedeutendste Car2X Ausprägung gesehen. Ein leistungsfähiges und verfügbares Mobilfunknetz ist dafür fundamental**
- **Car2Infrastructure bedingt große infrastruktureitige Investitionen. Für eine genaue Potenzialabschätzung sind entsprechend ausgerüstete Teststrecken nötig**
- **Car2Car wird ein großes Unfallvermeidungspotenzial zugeschrieben, allerdings ist insbesondere für Car2Car eine große Marktdurchdringung nötig. Mit kooperativen Fahrfunktionen ist in naher Zukunft noch nicht zu rechnen**
- **Eine Grundvoraussetzung für Car2X ist die Gewährleistung der IT-Sicherheit**

4.9 IT-Sicherheit des hochautomatisierten Fahrens

Die Themen IT-Sicherheit und Datenschutz stellen im Kontext des automatisierten Fahrens eine besondere Herausforderung dar. Die in den vergangenen Monaten aufgetretenen Sicherheitsvorfälle bei Automobilherstellern zeigen sehr deutlich, dass dieses Thema noch nicht vollumfänglich erschlossen ist:

⁸⁵ Hiermit ist gemeint, dass für die ersten hochautomatisierten Funktionen kein Aufbau einer ITS-Infrastruktur notwendig sein wird. Ein ordnungsgemäßer Zustand von Straßen und Fahrbahnbegrenzungen, die auch zur Infrastruktur zählen, ist hingegen notwendig, wird für den Raum Deutschland jedoch als gegeben angesehen.

- In den USA mussten 1,4 Millionen Fahrzeuge der Marken Jeep, Chrysler und Dodge (Fiat Chrysler) für Software-Updates zurückgerufen werden, nachdem Hackern über das Infotainment-System der Zugriff auf den Can-Bus gelang. Hiermit konnte das Fahrzeug u.a. abgebremst werden (Miller/Valasek 2015).
- Bei einem wissenschaftlichen Versuch gelang bei einem VW der Zugriff auf das Fahrzeug über den elektronischen Fahrzeugschlüssel, so dass die Wegfahrsperre gelöst werden konnte (Verdult / Garcia 2013).
- IT-Sicherheitsexperten gelang es, die Kontrolle über die Bildschirme, die Geschwindigkeitsanzeige, die Fenstersteuerung und das Schließsystem eines Tesla Model S über das Internet zu übernehmen. Zusätzlich gelang es ihnen, das Fahrzeug bei einer Geschwindigkeit von fünf Meilen pro Stunde auszuschalten und die Handbremse zu betätigen. Auch bei höheren Geschwindigkeiten konnte das Fahrzeug per Fernzugriff ausgeschaltet werden, jedoch verweigerte das System den Zugriff auf die Handbremse und der Fahrer behielt die Kontrolle über die Lenkung. Voraussetzung für den Zugriff war im Vorfeld ein physischer Zugang zum Fahrzeug, um den Remote-Zugriff vorzubereiten (Financial Times 2015).
- Bei Fahrzeugen von General Motors wurden die Fernsteuerungsfunktionen (z.B. die Türöffnung) gehackt. Sicherheitsrelevante Funktionen waren davon jedoch nicht betroffen (Kamkar 2015).
- Auf Fahrzeuge von General Motors wurde von einem Hacker via der App OnStar RemoteLink zugegriffen. Dabei gelang es nicht nur den Schließmechanismus zu betätigen, sondern auch den Motor zu starten (Tagesspiegel 2015).

Über das Telematik-Gerät einer US-Versicherung konnte sich ein IT-Experte per SMS Zugang zu einer Chevrolet Corvette verschaffen und damit bspw. die Bremse betätigen. Die Telematikeinheit wird normalerweise dazu genutzt um den Versicherungstarif an die Fahrweise des Fahrzeugbesitzers anzupassen (Stockburger 2015).

Einem vom ADAC beauftragten Sicherheitsexperten gelang es, dank einer Schwachstelle in den ConnectedDrive-Services, über Mobilfunk BMW-Fahrzeuge zu öffnen. Dem Experten wäre es ohne weiteres möglich gewesen mit „Equipment im handlichem Umfang“ beliebige BMW auf der Straße zu öffnen, ohne dabei in belebten Straßen Aufmerksamkeit zu erregen. Von der Sicherheitslücke waren 2,2 Millionen Fahrzeuge weltweit betroffen (Kossel 2015; Holland 2015). Durch manipulative Eingriffe in die IT-Systeme der Fahrzeuge lassen sich im Kontext von HAF potenziell eine Vielzahl unterschiedlicher Funktionsbereiche beeinflussen. Diese reichen vom Fahrdatenspeicher über Sensorik bis hin zur Aktorik und Motorsteuerung. Besondere Relevanz besitzt das Thema im Kontext Car2X. Die Vernetzung mit anderen Fahrzeugen, IRS oder den Smartphones der Insassen birgt die Gefahr, dass manipulierte Nachrichten die Systeme im Fahrzeug kompromittieren und damit die Sicherheit und den Datenschutz gefährden. So könnte beispielsweise über das On-Board-Diagnose- oder das Infotainment-System von außen auch auf schutzbedürftige Informationen und sicherheitskritische Bereiche des Fahrzeugs zugegriffen werden, was im schlimmsten Fall eine Steuerung der elementaren Fahrfunktionen (Längs-/Querführung) ermöglichen könnte (Hartung 2014). Auch der Missbrauch von personenbezogenen Daten könnte auf diese Weise erfolgen, womit das Auto zu einem potenziellen Angriffsziel für kriminelle Hacker werden könnte. Demnach muss die Authentizität des Kommunikationspartners durch geeignete kryptographische Verschlüsselungsverfahren, wie es beispielsweise bei digitalen Signaturen der Fall ist, sichergestellt werden. Hierbei muss gewährleistet sein, dass es einen allgemein gültigen und langfristig sicheren Übertragungsstandard gibt, der den Austausch verschlüsselter Nachrichten spezifiziert. Für solche Zwecke eignen sich aufgrund ihrer Eigenschaften Systeme, die auf Public-Key-Infrastructure (PKI) aufbauen.

Die Anforderungen an ein Sicherheitskonzept von Vernetzungstechnologien bestehen demnach allgemein in der Integrität, Authentizität, Anonymität, Vertraulichkeit, Performance, Kosten und Wartbarkeit (Fuchs 2015, S. 529).

Die frühzeitige und umfassende Auseinandersetzung mit dem Themengebiet der IT-Sicherheit vom vernetzten bis zum hochautomatisierten Fahren stellt eine nicht zu unterschätzende Aufgabe dar. Die Automobilindustrie hat sich dem Thema IT-Sicherheit bereits angenommen und u.a. durch die ACEA („Principles of Data Protection in Relation to Connected Vehicles and Services“) sowie den VDA („Datenschutzprinzipien für vernetzte Fahrzeuge“) aktiv adressiert. Laut VDA sollen die sicherheitsrelevanten Systeme in der Fahrzeugelektronik mit einem getrennten Kreislauf von den Navigations-, Telematik und Infotainment-Anwendungen getrennt werden und durch Gateways und Firewalls abgeschottet werden (ACEA 2015, VDA 2015c).

Ob diese allgemeine Anforderung an die Soft- und Hardwarearchitektur auch künftig ein ausreichend hohes Sicherheitsniveau gewährleisten kann oder ob konkretere Anforderungen definiert und ggf. vorgeschrieben sein sollten, ist zu prüfen.

IT-Sicherheit und funktionale Sicherheit sind verschränkt, IT-Sicherheit ist somit ein kritischer Faktor für die Einführung des hochautomatisierten Fahrens. Derzeit bestehen jedoch noch keine hinreichenden Standards für das Testen von Security-Systemen, so dass individuelle Spezifikationen zugrunde gelegt werden. Der Standardisierungsprozess im Bereich Security-Testing sollte beschleunigt werden.⁸⁶

Zudem ist zu prüfen, inwieweit die Abnahme der Systeme unter IT-Sicherheitsgesichtspunkten durch eine externe Zertifizierungsinstanz sichergestellt werden kann und sollte. Diesbezüglich besteht die Herausforderung in der Schaffung größtmöglicher Transparenz hinsichtlich der OEM-spezifischen Ausgestaltung der Sicherheitssysteme sowie in der Bereitstellung der benötigten Kompetenzen auf Seiten der Prüfinstanz. Darüber hinaus sollte die Definition der erforderlichen Prüfinhalte zur Prävention von schädlichen IT-Eingriffen gemeinsam mit der Industrie erfolgen.

Deutschland sollte frühzeitig eine führende Rolle bei der Definition der IT-Sicherheitsstandards für (hoch)automatisierte Fahrzeuge einnehmen. Mit der Erarbeitung von Guidelines zum Schutz gegen nicht autorisierte Zugriffe von außen sowie der geplanten Vorlage bei der UNECE hat die Bundesregierung einen ersten wichtigen Schritt unternommen (Bundesregierung 2015). In der digitalen Agenda hat die Bundesregierung die Aspekte Datenschutz und IT-Sicherheit als Erfolgsfaktoren der Digitalisierung hervorgehoben. Die Prüfung der oben genannten Punkte sowie die Klärung der mittelfristig konkreten Anforderungen an die IT-Security hochautomatisierter Fahrzeuge stellen die nächsten Schritte dar.

Auch die Unternehmen der Automobilbranche rücken das Thema der IT-Sicherheit mittlerweile stärker in den Vordergrund. So kündigte der Hersteller VW, gemeinsam mit den Partnern BASF, Bayer und der Allianz im September 2015 an, eine branchenübergreifende Kooperation mit dem Namen DCSSO („Deutsche Cyber Sicherheitsorganisation“) zu gründen. Die eigenständige GmbH, welche in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik und dem Bundesinnenministerium gegründet wird, adressiert hierbei nicht ausschließlich die spezifischen Bedarfe im Automotive-Bereich, sondern soll als „(...) bevorzugter Cyber-

⁸⁶ Der Absatz greift die Erkenntnisse der Podiumsdiskussion der Internationalen ATZ-Fachtagung "Fahrerassistenzsysteme - von der Assistenz zum automatisierten Fahren 2015 auf.

Crime-Sicherheitsdienstleister der deutschen Wirtschaft arbeiten“ und als gemeinsames Forum für Cyber-Sicherheit in Deutschland etabliert werden (Volkswagen 2015i).

4.10 Fazit: Bewertung der technischen Reife des HAF und Roadmap zur Markteinführung

Einer Einführung von HAF auf deutschen Autobahnen spätestens bis zum Jahr 2020 stehen keine grundsätzlichen technischen Hindernisse entgegen. Die wesentlichen fahrzeugbezogenen Technologien sind entweder bereits heute serienreif oder in einem seriennahen Entwicklungszustand.

Betrachtet man die für HAF benötigte Technik unter einer industriepolitischen Perspektive, ist die deutsche Automobilindustrie den Wettbewerbern technologisch derzeit noch voraus (Experteninterview Zulieferer 4; Experteninterview OEM 4).

Abbildung 36 zeigt die wesentlichen, für HAF benötigten Komponenten und Subsysteme und stellt ihren technischen Reifegrad und das Innovationspotenzial im Betrachtungszeitraum dar.

		Technische Reife	Innovationspotential
Technologien im Fahrzeug	Sensorische Fahrdynamikerfassung	Hoch	Gering
	Sensorische Umfelderkennung	Mittel	Hoch
	Steuergeräte und Fahrzeug-Software	Mittel	Hoch
	Mensch-Maschine-Interaktion	Mittel	Hoch
	Aktorik	Hoch	Mittel
	Fahrdatenspeicher	Hoch	Gering
Technologien außerhalb des Fahrzeugs	Ortung und Kartenmaterial	Mittel	Hoch
	Car2X-Kommunikation	Mittel	Hoch
	Telekommunikationsinfrastruktur	Mittel	Gering

Abbildung 36: Bewertung der technischen Reife des HAF⁸⁷

Trotz der hohen Reife der einzelnen Komponenten gibt es noch eine Reihe von Entwicklungsherausforderungen auf Systemebene zu bewältigen. Der Entwicklungsaufwand des Schrittes von teil- auf hochautomatisiert ist, verglichen mit dem Schritt vom assistierten zum teilautomatisierten Fahren, um ein mehrfaches höher (Experteninterview Zulieferer 4).

Zu den künftig noch zu bewältigenden technischen Herausforderungen für die Realisierung von HAF zählen:

- Qualität und Robustheit der **Situationsanalyse und -prädiktion**
- Sicherstellung der **funktionalen Sicherheit** des HAF-Systems, insbesondere bei Ausfall von Komponenten. Hierzu zählt auch die **Gewährleistung einer**

⁸⁷ Eigene Darstellung

redundanten Systemauslegung und von Notmanöverfunktionen (Notbremsen, Notausweichen, Nothalten) bei hohen Geschwindigkeiten (Bartels/Ruchatz 2015).

- **Ausweitung der Systemgrenzen**, insbesondere bei schwierigen Witterungsbedingungen: Aus der Perzeptionsleistung der Sensorik ergibt sich die Haupt-Systemgrenze „Geschwindigkeit“. Prinzipiell ließe sich jegliche Fahrsituation durch eine Anpassung der Geschwindigkeit bewältigen. Bei HAF auf Autobahnen ist jedoch die Mindestgeschwindigkeit von 60 km/h zu beachten, eine zu geringe Geschwindigkeit wäre außerdem der Nutzerakzeptanz abträglich. Unter aktuellen Voraussetzungen führt dies in Fällen von widrigen Wettersituationen (z.B. Schneefall, starker Nebel oder Regen) oder plötzlichen Hindernissen (z.B. verlorene Ladung, verunfallte Fahrzeuge) zu Funktionsgrenzen des Systems. Herausfordernde Verkehrssituationen auf Autobahnen sind zudem insbesondere das Ein- und Ausfädeln von Fahrzeugen sowie Baustellen.
- **Weiterentwicklung der Sensorik und Systemarchitektur**, insbesondere Zentralisierung der Architekturen, Modularisierung von Softwarekomponenten und Hardwareschnittstellen sowie Verbesserung der baulichen Integration (Burkert 2013; S. 9).
- **Präzision und Aktualität der digitalen Karten**: Für eine hinreichende Genauigkeit und Aktualität des Kartenmaterials zur Unterstützung der Lokalisierung und Fahrtrajektorienplanung müssen Kartendienstleister HAF-spezifische Karten bereitstellen. Für die Anfertigung der stationären Karten, welche Fahrspurgeometrie und -attribute, sowie Landmarken zur Eigenlokalisierung enthalten, können dafür speziell ausgerüstete Messfahrzeuge eingesetzt werden. Damit aber auf dynamische Effekte des Verkehrsgeschehens möglichst in Echtzeit reagiert werden kann, ist eine Einbindung der Fahrzeuge selbst zur Verkehrslageerfassung von Bedeutung. Die Informationen können von einem Backend aggregiert und bedarfsadaptiv an einzelne Fahrzeuge ausgegeben werden (Wollschläger 2014, S. 12; Bartels/Ruchatz 2015, S. 176; Rauch et al. 2013).
- **Kostenreduktionen**: Bei der Sensorik konnten in den letzten Jahren bereits deutliche Kostenreduktionen erzielt werden. In den nächsten Jahren sind weitere Kostensenkungen zu erwarten. Die steigenden Ausstattungsquoten mit Fahrerassistenz- und Automatisierungsfunktionen verstärkt sich dabei wechselseitig mit Kostenreduktionseffekten bei den Komponenten. Die Herausforderung liegt darin, HAF-Systeme zu Preisen anbieten zu können, welche die Zahlungsbereitschaft der Kunden nicht übersteigen. Bei Marktforschungsstudien führten z.T. bereits Preise in Höhe von 3.000 Euro zu negativen Kundenreaktionen (JD Power 2012).
- Geeignete **Mensch-Maschine-Schnittstellen** für Fahrer und Beifahrer, insbesondere zur Sicherstellung der Fahraufgabenübergabe: Größter Entwicklungsbedarf besteht bei der zuverlässigen Detektion des Fahrerzustandes und der Information des Fahrers über den aktuellen Systemzustand, um das Nutzervertrauen zu fördern ohne zu Overreliance-Effekten zu führen. Vertreter der Automobilindustrie schlagen vor, dass die Ausübung von Nebentätigkeiten nur an Ausgabeeinheiten erfolgen darf, die vom fahrzeugeigenen System kontrolliert werden können (z.B. am Navigationsbildschirm). Es ist davon auszugehen, dass Bedienkonzepte und Innenräume sich im Zuge der Automatisierung stark verändern und zu einem wettbewerbsdifferenzierenden Faktor werden.
- Gewährleistung von **Sicherheits- und Datenschutzaspekten** – insbesondere in der Backendschnittstelle und den Daten des Unfalldatenspeichers – durch adäquate Verschlüsselungstechniken und qualifizierte Auditierungen.
- **Validierung und Freigabe** von HAF-Funktionen: Funktionstests sind eine der größten Herausforderungen für die fortschreitende Automatisierung (Steiger

2013, S. 758). Bisherige Zertifizierungs- und Zulassungsverfahren und ihre Testmethoden und -kriterien sind nicht geeignet, bzw. ökonomisch nicht sinnvoll umsetzbar, um die HAF-Funktionen adäquat abzusichern (Winner 2015c, S. 1167-1186). Abschließende Integrationstests beinhalten heute reale Fahrtests von mehreren Hunderttausend Testkilometern. Die Absicherung von HAF-Funktionen ist mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden und würde mit bisherigen Ansätzen zu teuren und unwirtschaftlichen Testprozeduren führen. Um den finanziellen Aufwand für Fahrzeugtests zu reduzieren, sind neue Ansätze für virtuelle Testverfahren und eine Anpassung des Prüf- und Freigabeprozesses sowie der Prüfkriterien für die Softwareentwicklung erforderlich. Eine Beschränkung auf reale Testfahrten würde zudem das Risiko bergen, dass die Systeme auf den Testfall optimiert werden („Overfitting“). Daher nimmt das virtuelle Testen zu und ermöglicht für bestimmte Systeme bereits die Homologation (Seeck 2014, S. 16-19). Bezüglich HAF müssen die Teilfreigabe der Subsysteme und die Schnittstellen zum Gesamtsystemtest definiert werden (Steiger 2013, S. 758). Während beispielsweise die Software-Algorithmen für die Sensordatenfusion und Trajektorienplanung mittels virtueller Testfahrten in einer großen Zahl von Testszenarien geprüft werden können, muss der Test der physikalischen Leistungsfähigkeit der Sensorik weiterhin real erfolgen (Bartels/Ruchatz 2015, S. 168-179, 174f., 178).

- **(Dynamische) Streckenfreigabe und Backend-Kommunikation:** Fahrzeuge können die aktuellen Streckenfreigaben im Backend abfragen, welche regelmäßig in Abhängigkeit von dynamischen Verkehrsinformationen und gegebenenfalls zusätzlichen Informationsquellen aktualisiert werden. Auch wenn eine ständige Kommunikation zwischen Fahrzeug und Backend wünschenswert ist, so stellt eine Garantie über festgelegte Austauschhäufigkeiten und -latenzen eine hohe technische Anforderung dar. Bei wechselnder Signalstabilität zum Backend könnte dies zu einer allzu häufigen, aufgrund der Streckensituation nicht notwendigen Deaktivierung des HAF-Modus führen. Die Fahrzeuge müssen daher auch ohne durchgängig unterbrechungsfreie Verbindung zu einem Backend in der Lage sein, die HAF-Funktionalität aufrechtzuerhalten.

Gesamt-Reife HAF / System

Die Bahnführung ist in großen Teilen gelöst und mit aktuellen Systemen im unteren Geschwindigkeitsbereich bereits im Markt erhältlich. Weitere Systeme, wie der aktive Spurhalteassistent oder Abstandregeltempomat, belegen die Reife der Funktionen in einzelnen Wirkungsbereichen. Sukzessive werden in den nächsten Jahren die Anwendungsumfänge und Geschwindigkeiten zunehmen (Experteninterview Zulieferer 5).

Die Entwicklung zum hoch- und vollautomatisierten Fahren verläuft industriell in mehreren Etappen. Nachfolgende Abbildung 37 stellt eine Roadmap der automatisierter PKW auf Basis von Unternehmensaussagen bis zum Jahre 2030 dar.

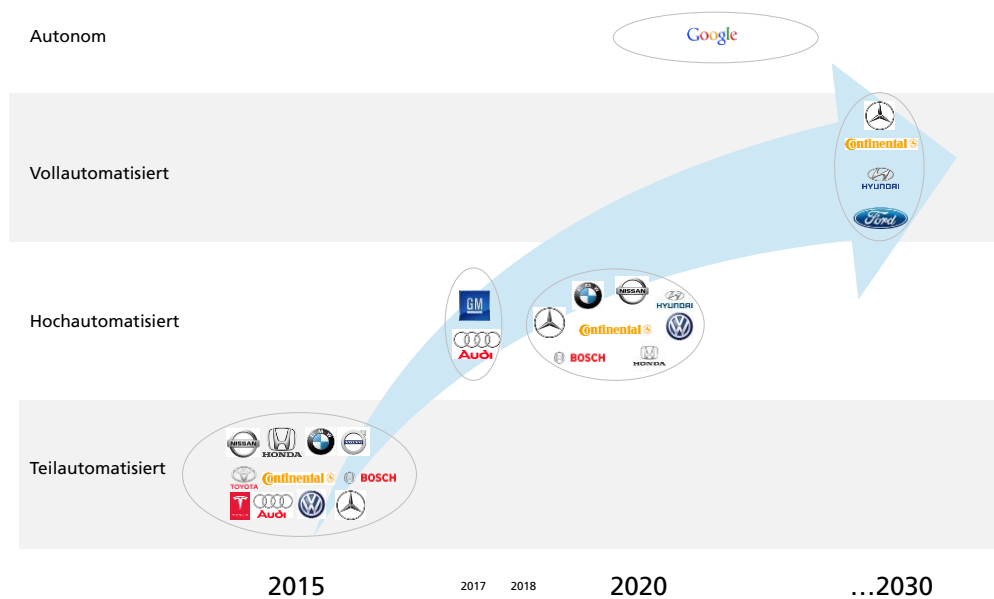


Abbildung 37: Roadmap Automatisiertes Fahren⁸⁸

Die Roadmap bildet vorrangig optimistische Aussagen derjenigen Unternehmen ab, die konkrete Produkte angekündigt haben. Der Marktstart der ersten HAF-Funktion ist von einem deutschen Hersteller für das Jahr 2017 angekündigt. Hierbei ist noch von einer Beschränkung auf Stausituationen auszugehen. Erste Fahrzeuge mit hochautomatisierten Fahrfunktionen von wenigstens einem anderen deutschen Premiumhersteller werden spätestens 2018 erwartet. Es wird zudem erwartet, dass alle Hersteller deutscher Oberklassefahrzeuge hochautomatisiertes Fahren in Form von „Autobahn-Chauffeuren“ bis zum Jahr 2020 als Sonderausstattung anbieten werden (Berylls (2015)). Es gibt jedoch auch kritische Stimmen, die hochautomatisierte Fahrfunktionen erst einige Jahre nach 2020 für realistisch halten (Kotagiri 2014). Hierzu gibt es aus Sicht der Autoren jedoch keine Veranlassung. Die Serienreife und Verfügbarkeit teilautomatisierter „Stauassistenten“⁸⁹ in Mittel- und Oberklassefahrzeugen insbesondere deutscher Konzernmarken und die vielfältigen Testaktivitäten hochautomatisierter Systeme verschiedener deutscher Hersteller mit höheren Geschwindigkeiten zeigen, dass die technische Realisierung von HAF auf Autobahnen weit fortgeschritten ist. Eine Markteinführung erster HAF-Funktionen ist spätestens ab dem Jahr 2017 realistisch und in den nächsten drei bis fünf Jahren wahrscheinlich.

Einige Branchenexperten gehen sogar davon aus, dass auch der Schritt zum autonomen Fahren in abgegrenzten Anwendungsbereichen sehr schnell kommen wird und autonomes Fahren parallel zum hochautomatisierten Fahren auf Autobahnen eingeführt wird (Experteninterview Branchenexperte 4). Von Seiten der deutschen Industrie gibt es diesbezüglich jedoch keine angekündigten Markteinführungen. Hierbei ist zu differenzieren: Autonome Fahrzeuge mit heute üblichen Geschwindigkeiten und Leistungsmerkmalen auf öffentlichen Straßen sind nicht vor 2030 als Marktangebot zu erwarten. Neue autonome Mobilitäts- und Fahrzeugkonzepte in beschränkten Anwendungsgebieten bzw. mit beschränkten Funktionsumfängen (u.a. Niedriggeschwindigkeiten, private Areale) sind hingegen bereits vor 2030 realisierbar.

⁸⁸ Eigene Darstellung auf Basis von Unternehmensangaben.

⁸⁹ Diese können technisch bereits „Hands Off“ gefahren werden.

5 Analyse des rechtlichen Rahmens für hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen

In der Mehrzahl der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Experteninterviews wurde zum Ausdruck gebracht, dass die Schaffung der rechtlichen Rahmenbedingungen zu den drängenden Herausforderungen auf dem Weg zur Marktreife des hochautomatisierten Fahrens gehört. Das folgende Kapitel widmet sich daher der rechtswissenschaftlichen Auseinandersetzung mit den Rahmenbedingungen des hochautomatisierten Fahrens. Hierzu werden in Kapitel 5.1 die nationalen und internationalen straßenverkehrsrechtlichen sowie zulassungsrechtlichen Hemmnisse für das hochautomatisierte Fahren auf Autobahnen begutachtet und potenzielle Handlungsmöglichkeiten zur Beseitigung dieser Hemmnisse aufgezeigt. Anschließend wird in Kapitel 5.2 das zivilrechtliche Haftungskonzept im Zusammenhang mit Unfällen hochautomatisierter Fahrzeuge in den Fokus gerückt. Kapitel 5.3 widmet sich dem straf- und ordnungswidrigkeitsrechtlichen Rahmen, bevor schließlich in Kapitel 5.4 die datenschutzrechtlichen Voraussetzungen aufgezeigt werden, die bei einer Einführung hochautomatisierter Fahrzeugsysteme Beachtung finden müssen.

5.1 Straßenverkehrsrecht und Zulassungsrecht

Für die Umsetzung des hochautomatisierten Fahrens auf Autobahnen stellen sich in erster Linie Rechtsfragen aus dem Straßenverkehrsrecht. Als Ordnungsrecht hat es die Aufgabe, den Gefahren, Behinderungen und Belästigungen von Verkehrsteilnehmern und Dritten durch den Verkehr entgegenzuwirken und dessen optimalen Ablauf zu gewährleisten (König 2013a, Rn. 1). Vornehmliche Rechtsquelle des Straßenverkehrsrechts ist das Straßenverkehrsgesetz (StVG)⁹⁰, das neben der Zulassung von Personen und Kraftfahrzeugen zum öffentlichen Straßenverkehr unter anderem die Haftpflicht des Halters und des Fahrers bei Rechtsgutverletzungen im Zusammenhang mit dem Straßenverkehr regelt. Durch die Norm des § 6 StVG wird das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur ermächtigt, in weitreichendem Umfang Rechtsverordnungen mit Zustimmung des Bundesrates zu erlassen. Auf dieser Grundlage wurde unter anderem die Straßenverkehrsordnung (StVO)⁹¹ erlassen, die im Grundsatz die Straßenverkehrsregeln zum Gegenstand hat. Ebenfalls auf § 6 StVG beruhen die Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO)⁹² und die diese in weiten Bereichen verdrängende Fahrzeugzulassungsverordnung (FZV)⁹³. Diese Rechtsverordnungen haben unter anderem die Voraussetzungen und das Verfahren der Zulassung von Fahrzeugen im öffentlichen Straßenverkehr zum Gegenstand.

Nach der ursprünglichen straßenverkehrsrechtlichen Konzeption des Gesetzgebers kann grundsätzlich zwischen dem Zulassungsrecht auf der einen Seite und dem Verhaltensrecht auf der anderen Seite unterschieden werden. Das Zulassungsrecht geht

⁹⁰ Straßenverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2003 (BGBl. I 2003a, S. 310; BGBl. I 2003b, S. 919), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 2. März 2015 (BGBl. I 2015c, S. 186) geändert worden ist.

⁹¹ Straßenverkehrs-Ordnung vom 6. März 2013 (BGBl. I 2013b, S. 367), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 22. Oktober 2014 (BGBl. I 2014c, S. 1635) geändert worden ist.

⁹² Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung vom 26. April 2012 (BGBl. I 2012a, S. 679), die durch Artikel 2 der Verordnung vom 9. März 2015 (BGBl. I 2015d, S. 243) geändert worden ist.

⁹³ Fahrzeug-Zulassungsverordnung vom 3. Februar 2011 (BGBl. I, 2011, S. 139), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 30. Oktober 2014 (BGBl. I 2014d, S. 1666) geändert worden ist.

dabei im Wesentlichen der Frage nach, welche technischen Voraussetzungen ein Fahrzeug erfüllen muss, um am öffentlichen Straßenverkehr teilnehmen zu dürfen. Das Verhaltensrecht regelt im Wesentlichen, wie ein zugelassenes Fahrzeug im Straßenverkehr zu bedienen ist. Hochautomatisierte Fahrzeuge lassen eine solche grundsätzlich strikte Trennung zwischen StVO und der StVZO/ FZV jedoch nicht mehr zu. So leuchtet ein, dass ein Fahrzeug, das für eine gewisse Zeit die Fahraufgaben übernehmen können soll, sowohl zugelassen werden, als auch die Verkehrsregeln der StVO beherrschen muss. Mit zunehmendem Automatisierungsgrad muss das ordnungsgerechte Verhalten des automatisierten Fahrzeugs im Verkehr bereits bei der Zulassung sichergestellt sein. Da beide Rechtsbereiche erheblich vom internationalen Recht abhängig sind, werden im ersten Kapitel dieses Gutachtens zunächst die nationalen Straßenverkehrsregeln und das nationale Zulassungsrecht sowie darauf aufbauend und schwerpunktmäßig das internationale Recht, welches im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren steht, erörtert.

5.1.1 Nationale Straßenverkehrsregeln

Wie ein Fahrzeug auf öffentlichen Straßen zu benutzen ist, und welche Regeln an Teilnehmer am Straßenverkehr gestellt werden, ist Inhalt der Straßenverkehrsordnung (StVO). Ermächtigungsgrundlage für den Erlass der StVO - § 6 Abs. 1 Nr. 3, 4a, 5a, 13ff. StVG – ist deren Schutzzweck die Erhaltung der Sicherheit und Ordnung im öffentlichen Verkehrsraum. Geschützt ist demnach neben Interessen Einzelner auch die allgemeine Verkehrssicherheit (Janker 2014, Rn. 3). Die StVO dient als sachlich begrenztes Ordnungsrecht zur Abwehr typischerweise vom Straßenverkehr ausgehender Gefahren.

Bei der Lektüre des ersten Abschnitts der StVO wird deutlich, dass in einigen Paragraphen auf ein Verhalten des Fahrzeugführers eingegangen wird um den Gefahren aus dem Straßenverkehr zu begegnen beziehungsweise ihnen vorzubeugen. So findet sich in § 3 Abs. 1 S. 1 StVO die Pflicht desjenigen⁹⁴, der ein Fahrzeug führt, zur Fahrzeugbeherrschung in Bezug auf die Geschwindigkeit. Diese Geschwindigkeit darf nur so hoch sein, wie das Fahrzeug noch ständig beherrscht wird. Neben der Pflicht zur Fahrzeugbeherrschung findet sich auch in Abs. 2 der Grundregel des § 1 StVO die Pflicht desjenigen, der am Verkehr teilnimmt, sich so zu verhalten, dass kein anderer geschädigt, gefährdet oder – als nach den Umständen unvermeidbar – behindert oder belästigt wird.

Fahrzeugführer ist, wer eigenständig unter Allein- oder Mitverantwortung ein Fahrzeug in Bewegung setzt, um es unter Handhabung essentieller technischer Vorrichtungen während der Fahrbewegung ganz oder wenigstens teilweise durch den Verkehrsraum zu leiten (König 2013b, Rn. 3). Nach dem Leitbild der StVO muss der Fahrzeugführer ein menschliches Individuum sein.

Beherrschen bedeutet im Deutschen so viel wie „über etwas Macht ausüben oder „unter Kontrolle halten“.

Der Fahrer eines teilautomatisierten Fahrzeugsystems muss nach der hier zugrunde gelegten BAST-Definition dieses ständig überwachen und ggf. übersteuernd eingreifen (Gasser et al. 2012, S. 11). Nebentätigkeiten, mit denen eine Abkehr von dieser ständigen Überwachungspflicht einherginge, sind im Automatisierungsgrad der Teilautomatisierung nicht vorgesehen. Vielmehr muss der Fahrer auch bei der Nutzung eines solchen Systems sich ständig für eine ggf. erforderlich werdende Übersteuerung

⁹⁴ Bis zur StVO-Neufassung 2013 war diese Pflicht direkt an den Fahrzeugführer gerichtet. Die linguistische Änderung in „Wer ein Fahrzeug führt...“ wurde aus Gründen der Geschlechtsneutralität eingeführt und hat keine inhaltliche Änderung zum Gegenstand.

bereithalten, beispielsweise wenn die vom System gefahrene Geschwindigkeit die vom Fahrer subjektiv empfundene Geschwindigkeit zur Fahrzeugbeherrschung übersteigt (Arzt et al. 2012, S. 14). Insofern ist das Kontrollieren des Fahrgeschehens und die Beherrschung des Fahrzeugs bei der Teilautomatisierung und damit eine Vereinbarkeit solcher Systeme mit dem Verhaltensrecht gegeben.

Wer sich als Fahrer eines hochautomatisierten Fahrzeugs jedoch vom Verkehrsgeschehen abwendet und dem System die Fahraufgaben überlässt, kann dem Erfordernis des Beherrschens des Fahrzeugs nicht nachkommen und verstößt somit bußgeldbewehrt gegen die StVO, § 49 StVO, denn das unter Kontrolle halten eines Fahrzeugs erfordert wenigstens die Kenntnis des Standorts, der Fahrtrichtung, der Geschwindigkeit und der Fahrzeugumgebung. Aus diesem Grund werden hochautomatisierte Fahrerassistenzsysteme teilweise als unvereinbar mit der geltenden StVO angesehen (Arzt et al. 2012, S. 56f.).

Diese Ansicht lässt jedoch unbeachtet, dass die Wortlautformulierungen der StVO sich keineswegs stringent an eine menschliche Person durch Verwendung subjektiver Wendungen („Wer ein Fahrzeug führt...“) richtet, sondern vielmehr auch adressatenneutrale Formulierungen enthalten sind. So ordnet § 5 Abs. 1 StVO schlicht an „Es ist links zu überholen“ und § 2 Abs. 2 StVO gibt vor „Es ist möglichst weit rechts zu fahren“. Des Weiteren sind der StVO auch Formulierungen zu entnehmen, die sich im Wortlaut offensichtlich überhaupt nicht an Menschen richten, sondern die Fahrzeuge in die Pflicht nehmen. So lautet § 2 Abs. 1 StVO: „Fahrzeuge müssen die Fahrbahn benutzen, [...]“ und § 3 Abs. 2 StVO: „Ohne triftigen Grund dürfen Kraftfahrzeuge nicht so langsam fahren, dass sie den Verkehrsfluss behindern“.

Der Wortlautauslegung lässt sich folglich nicht eindeutig entnehmen, ob hochautomatisierte Fahrzeugsysteme mit denjenigen Normen der StVO vereinbar sind, die keinen unmittelbaren Bezug zu einem Subjekt haben, weil durch die uneinheitliche Formulierung auch eine der Automatisierung zuträgliche Auslegung dahingehend möglich erscheint, dass diese Normen der StVO lediglich die Bewegung eines Fahrzeugs auf der Straße regeln wollen und nicht auf das Verhalten des Fahrzeugführers abstellen. Nimmt man jedoch die Begründung⁹⁵ zur Straßenverkehrsordnung in den Blick, so wird deutlich, dass die Regeln der StVO als Gesamtes den Verkehrsteilnehmer ansprechen: *„[...] Erst wenn man dem Verkehrsteilnehmer im Einzelnen sagt, wie er sich in solchen Verkehrslagen und bei solchen Fahrmanövern zu verhalten hat und worauf er dabei zu achten hat, entbindet man ihn von gefährlichen „Problemfahren“ [...]“*. Daraus ist zu schließen, dass der Verordnungsgeber davon ausgegangen ist, dass sich die Verkehrsregeln an den menschlichen Verkehrsteilnehmer richten (König 2013c, Rn. 5).

Die StVO im Gesamten verlangt daher dem menschlichen Fahrzeugführer ein bestimmtes Verhalten ab und stellt nicht nur eine abstrakte Normierung der Fahrtbewegung eines Fahrzeugs dar. Der Fahrzeugführer muss folglich insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Fahrzeugbeherrschung ständig das Verkehrsgeschehen und dessen Auswirkungen auf die eigene Fahrt im Blick behalten und darf sich einer Ablenkung gemäß StVO nicht hingeben. Hochautomatisierte Fahrzeuge, bei denen der Fahrzeugführer die Fahraufgaben zeitweise auf ein System übertragen kann ohne dieses zu überwachen, sind mit den Regelungen der StVO daher nicht zu vereinbaren.

⁹⁵ VkJBl. 1970, 797; Abgedruckt in: Hentschel/König/Dauer (Hrsg.), Straßenverkehrsrecht Kommentar, StVO-Begr. Rn. 2.

Teilautomatisiertes Fahren ist mit den Verhaltensnormen der StVO vereinbar, hochautomatisiertes Fahren dagegen nicht

Die Möglichkeit einer Anpassung der Normen der StVO, mit der eine Vereinbarkeit hochautomatisierter Fahrzeuge erreicht werden kann, richtet sich nicht nur nach nationalem Recht, sondern ist – wie sich zeigen wird – erheblich vom internationalen Rechtsrahmen abhängig.

5.1.2 Nationales Zulassungsrecht

Ausgangspunkt der Fahrzeugzulassung ist § 16 StVZO, der mit seiner Grundregel alle Fahrzeuge zum Verkehr auf öffentlichen Straßen zulässt, die den Vorschriften der StVZO und der StVO entsprechen, soweit nicht für die Zulassung einzelner Fahrzeugarten ein Erlaubnisverfahren vorgeschrieben ist. Diese als Verkehrsfreiheit für Fahrzeuge geltende Grundregel ist jedoch mit wesentlichen Einschränkungen behaftet. So fallen Kraftfahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von mehr als 6 km/h und ihre Anhänger unter den Anwendungsbereich der Fahrzeugzulassungsverordnung (vgl. § 1 FZV) und sind somit zulassungspflichtig nach § 3 Abs. 1 S. 1 FZV.

Voraussetzung für eine Fahrzeugzulassung ist gem. § 3 Abs. 1 S. 2 FZV das Vorliegen einer EG-Typgenehmigung⁹⁶, einer nationalen Typgenehmigung⁹⁷ oder einer Einzelgenehmigung⁹⁸ sowie das Bestehen einer Kraftfahrzeughaftpflichtversicherung. In der Praxis stellt die EG-Typgenehmigung insbesondere bei Serienfahrzeugen die bedeutendste Form der Genehmigung dar. Dabei handelt es sich gemäß der Begriffsbestimmung in § 2 Nr. 4 lit. a) FZV um die von einem Mitgliedstaat der Europäischen Union unter Anwendung der Richtlinie 2007/46/EG erteilte Bestätigung, dass der zur Prüfung vorgestellte Typ eines Fahrzeugs, eines Systems, eines Bauteils oder einer selbstständigen technischen Einheit die einschlägigen Vorschriften und technischen Anforderungen erfüllt. Die Richtlinie schafft gemäß Art. 1 der RL 2007/46/EG einen harmonisierten Rahmen um die Verwaltungsvorschriften und den allgemeinen technischen Anforderungen für die Genehmigung aller in ihren Geltungsbereich fallenden Neufahrzeuge, Systeme, Bauteile und selbstständig technischen Einheiten, um die Zulassung, den Verkauf und die Inbetriebnahme in der Gemeinschaft zu erleichtern.

Gemäß Art. 4 Abs. 2 RL 2007/46/EG dürfen die Mitgliedstaaten eine Genehmigung für Fahrzeuge, Systeme, Bauteile oder selbstständige technische Einheiten nur erteilen, wenn diese den Anforderungen dieser Richtlinie entsprechen. Hinsichtlich dieser Zulassungsanforderungen verweist Art. 35 Abs. 1 RL 2007/46/EG unter anderem auf die in Anhang IV Teil II aufgeführten ECE-Regelungen der Vereinten Nationen und erklärt diese für gleichwertige Bestandteile des sekundären Gemeinschaftsrechts. Die Abkürzung „ECE“ leitet sich von der Wirtschaftskommission für Europa bei den Vereinten Nationen ab (*Economic Commission for Europe UN/ECE*). Auf diese ECE-Regelungen wird im Rahmen der Erläuterungen der völkerrechtlichen Vorschriften näher eingegangen.

⁹⁶ Vgl. Verordnung über die EG-Genehmigung für Kraftfahrzeuge und ihre Anhänger sowie für Systeme, Bauteile und selbstständige technische Einheiten für diese Fahrzeuge (EG-Fahrzeuggenehmigungsverordnung – EGFGV).

⁹⁷ Allgemeine Betriebserlaubnis nach § 20 StVZO.

⁹⁸ Einzelbetriebserlaubnis nach § 21 StVZO.

Das nationale Straßenverkehrszulassungsrecht ist somit durch den Verweis auf das Europarecht und die Weiterverweisung auf das Fahrzeugteileübereinkommen und dessen ECE-Regelungen stark von der Ausgestaltung des internationalen Rechtsrahmens abhängig.



Abbildung 38: Verweisungskette Zulassungsrecht⁹⁹

5.1.3 Völkerrechtliche Verträge und die ECE-Regelungen

Der Straßenverkehr ermöglicht es, auf schnelle und komfortable Art und Weise von einem Ort zum anderen zu gelangen. Dabei ist das Straßennetz grundsätzlich nicht auf den innerstaatlichen Bereich beschränkt, sondern ermöglicht grenzüberschreitenden Verkehr. Auch werden Fahrzeuge nicht nur in dem Staat hergestellt, in dem sie später betrieben werden, vielmehr ist die Automobilbranche enorm von In- und Exporten auf einem globalen Markt geprägt. Aufgrund dessen verwundert es nicht, dass internationale Abkommen geschlossen wurden mit der Motivation, einheitliche Verkehrs- und Zulassungsregeln für Kraftfahrzeuge zu schaffen, um staatenübergreifend die Sicherheit des Straßenverkehrs zu gewährleisten. Eines dieser Abkommen ist das „Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr“ (WÜ) vom 08.11.1968. Dabei handelt es sich um einen völkerrechtlichen Vertrag, der die Vertragspartner verpflichtet, einheitliche Verkehrs- und Zulassungsregeln zu erlassen. Die Einhaltung der dortigen Bestimmungen ist Voraussetzung für die Zulassung zum internationalen Verkehr (vgl. Art. 3 Abs. 3 WÜ). Mit Inkrafttreten des Gesetzes vom 21.09.1977 wurde dem Übereinkommen von deutscher Seite zugestimmt. (Bundesgesetzblatt Teil II 1977, S.809f.) 72 weitere Staaten sind ebenfalls Vertragsparteien des WÜ.¹⁰⁰

⁹⁹ Eigene Darstellung

¹⁰⁰ Eine aktuelle Liste der Vertragsparteien ist im Internet abrufbar unter:
https://treaties.un.org/pages/ViewDetailsIII.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-19&chapter=11&Temp=mtdsg3&lang=en (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).

5.1.3.1 Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr¹⁰¹

Im Zusammenhang mit der zunehmenden Fahrzeugautomatisierung werden insbesondere Art. 8 Abs. 5, 13 Abs. 1 und 1 lit. v) des WÜ als problematisch angesehen.

Art. 8 Führer

- (1) Jedes Fahrzeug und miteinander verbundene Fahrzeuge müssen, wenn sie in Bewegung sind, einen Führer haben.*
- (5) Jeder Führer muß dauernd sein Fahrzeug beherrschen oder seine Tiere führen können.*

Art. 13 Geschwindigkeit und Abstand zwischen Fahrzeugen

- (1) Jeder Fahrzeugführer muß unter allen Umständen sein Fahrzeug beherrschen, um den Sorgfaltspflichten genügen zu können und um ständig in der Lage zu sein, alle ihm obliegenden Fahrbewegungen auszuführen.*

Art. 1 Begriffsbestimmungen

- v) „Führer“ ist jede Person, die ein Kraftfahrzeug oder ein anderes Fahrzeug (Fahrräder eingeschlossen) lenkt oder die auf einer Straße Vieh, einzeln oder in Herden, oder Zug-, Saum- oder Reittiere leitet.*

Nach mittlerweile wohl herrschender und auch hier vertretener Ansicht wird insbesondere aus der Pflicht zur Fahrzeugbeherrschung gem. Art. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ die Unvereinbarkeit des WÜ mit solchen Automatisierungssystemen hergeleitet, die systeminitiiert und vom Fahrer nicht übersteuerbar sind und bei denen der Fahrer nicht dauerhaft das System und das Verkehrsgeschehen überwachen muss, sondern sich vom Verkehrsgeschehen abwenden darf um Nebentätigkeiten nachzugehen (Vgl. mit vereinzelten Abweichungen: Lutz 2014a, S. 67; Lutz 2014b, S. 446; Albrecht 2005, S. 186 und Anhang mit weiteren Nachweisen).

Übersteuerbare Teilautomatisierungssysteme, bei denen der Fahrer definitionsgemäß die jederzeitige Bereitschaft zur Übernahme der Fahrzeugführung hat, sind mit diesem Beherrschungsgrundsatz vereinbar. Hochautomatisierte Fahrzeugsysteme, bei denen eine Überwachungspflicht nicht dauerhaft, sondern nur hinsichtlich der Steuerrückübertragungsaufforderung durch das System gegeben sein muss, sind mit dem WÜ jedoch nicht vereinbar.

5.1.3.2 Weitere relevante völkerrechtliche Vorschriften

Neben dem WÜ gibt es noch weitere überstaatliche Regelwerke, die Zulassungsfragen von Kraftfahrzeugen zum Gegenstand haben: das Fahrzeugteileübereinkommen von 1958 (FTÜ)¹⁰² und das GTR-Abkommen von 1998. Dabei handelt es sich um völkerrechtliche Verträge, die die gegenseitige Anerkennung von

¹⁰¹ Da mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen ist, dass die relevanten Normen des WÜ modifiziert werden (vgl. 5.1.3.3.), erfolgt hier lediglich eine stark komprimierte Darstellung der momentanen Rechtslage bzgl. des WÜ. Für eine tiefergehende rechtswissenschaftliche Analyse des WÜ und der völkerrechtlichen Auslegung der Art. 8 Abs. 5, 13 Abs. 1 und 1 lit. v) WÜ wird auf den Anhang verwiesen.

¹⁰² „Übereinkommen über die Annahme einheitlicher technischer Vorschriften für Radfahrzeuge, Ausrüstungsgegenstände und Teile, die in Radfahrzeuge(n) eingebaut und/oder verwendet werden können, und die Bedingungen für die gegenseitige Anerkennung von Genehmigungen, die nach diesen Vorschriften erteilt wurden“. (UNECE 1995)

Fahrzeuggenehmigungen erleichtern sollen und somit dazu dienen, Handels- und Zulassungshemmnisse zwischen den Vertragsstaaten abzubauen.

Fahrzeugteileübereinkommen (ECE-Regelungen)

Auf Grundlage des FTÜ erstellen die Vertragsparteien mittels eines Verwaltungsausschusses, dem nach den Verfahrensregeln nach Anhang 1 alle Vertragsparteien angehören, (ECE-)Regelungen für Radfahrzeuge, Ausrüstungsgegenstände und Teile, die in Radfahrzeuge eingebaut werden können (vgl. Art. 1 Abs. 1 S. 1 FTÜ). Hierzu gehören beispielsweise Bremsanlagen, Lenkanlagen oder Scheinwerfer. Beteiligte Vertragsparteien sind die Europäische Union und neben der Bundesrepublik Deutschland noch 46 weitere Staaten.¹⁰³

Diese auf Grundlage des FTÜ vereinbarten ECE-Regelungen stellen ein Instrumentarium dar, mit dem im internationalen Bereich die technischen Vorschriften für Kraftfahrzeuge harmonisiert werden sollen, um Schranken im Handel mit Kraftfahrzeugen und Kfz-Zubehörteilen abzubauen (BMVI 2015a). Alle Vertragsparteien des FTÜ können die einzelnen Regelungen akzeptieren, müssen dies jedoch nicht. Wurde von einer Vertragspartei eine Regelung akzeptiert, so ist sie völkerrechtlich daran gebunden und geht eine Verpflichtung ein, Fahrzeuge oder Teile, die entsprechend der Regelung genehmigt wurden, im eigenen Land zuzulassen. Für Deutschland ist diese Anerkennung in § 21a Abs. 1 StVZO normiert. Um eine innerstaatliche Verbindlichkeit der ECE-Regelungen zu schaffen, bedarf es einer Umsetzung in nationales Recht. Dies geschieht bei Staaten der Europäischen Union regelmäßig durch Zustimmung der Regelung gemäß den Vorgaben der RL 2007/46/EG, die im Anhang IV Teil II S. 2 einsehbar ist.

Die ECE-Regelungen umfassen inzwischen über 130 technische Regelungen, die neben Systemen und Bauteilen für die aktive und die passive Sicherheit auch umweltrelevante Regelungen zum Gegenstand haben. Ein Großteil dieser Regelungen wurde sowohl von der Europäischen Union als auch von der Bundesrepublik Deutschland akzeptiert. Im Rahmen dieses Gutachtens erscheinen insbesondere folgende ECE-Regelungen als diskussionswürdig.

Regelung 79 (Lenkanlagen)

Wesentliche Voraussetzung für hochautomatisierte Fahrzeuge ist, dass das Fahrzeug ohne Zutun des Fahrers Lenkbewegungen ausführen kann um bspw. Überholmanöver oder Spurwechsel selbstständig einleiten und durchführen zu können. ECE-Regelung Nr. 79 formuliert hierfür einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich der Lenkanlage. Zum Verständnis dieser technischen Regelung sollen zunächst einige Begriffsdefinitionen aufgestellt werden.

Nach Abs. 2.3 ist eine „Lenkanlage“ die gesamte Anlage, mit der die Fahrtrichtung des Fahrzeugs bestimmt wird. Sie umfasst die Betätigungseinrichtung, die Übertragungseinrichtung, die gelenkten Räder und gegebenenfalls die Energieversorgungseinrichtung.

Als „autonome Lenkanlage“ wird gemäß Abs. 2.3.3. eine Anlage mit einer Funktion in einem komplexen elektronischen Steuersystem verstanden, die bewirkt, dass das Fahrzeug einer festgelegten Fahrspur folgt oder seine Fahrspur auf Basis von Signalen ändert, die außerhalb des Fahrzeugs ausgelöst und von dort übertragen werden. Der Fahrzeugführer hat dabei nicht unbedingt die Hauptverantwortung für das Führen des Fahrzeugs. Unter diese Definition fallen folglich Fahrzeuge, deren Steuerung durch Signale von außerhalb des Fahrzeugs beeinflusst wird, die beispielsweise von Baken am

¹⁰³ Eine Liste der Vertragsstaaten ist im Internet abrufbar unter:

<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/updates/ECE-TRANS-WP.29-343-Rev.22.pdf> S. 36. (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).

Straßenrand oder von aktiven Elementen in der Straßendecke ausgehen. Auch teleoperierte (ferngesteuerte) Lenkanlagen gelten als „autonome Lenkanlagen“. Lenkanlagen, die unter diese Definition fallen, sind jedoch gemäß Abs. 1.2.2 aus dem Anwendungsbereich der Regelung Nr. 79 ausgenommen, weil laut Einleitung zu Regelung Nr. 79 die Befürchtung besteht, dass eine Hauptverantwortlichkeit für das Führen des Fahrzeugs nicht getroffen werden kann und international abgestimmte Datenübertragungsprotokolle in Bezug auf die externe Steuerung nicht gegeben sind. Insofern sind solche Lenkanlagen mit der Regelung 79 nicht vereinbar und – mangels Genehmigungsmöglichkeiten auf Grundlage anderer Normen – unzulässig.

„Fahrerassistenz-Lenkanlagen“ sind solche Anlagen, die zusätzlich zur die Fahrtrichtung eines Fahrzeuges maßgeblich bestimmenden Hauptlenkanlage (vgl. Abs. 2.5.1.1) vorhanden sind und den Fahrzeugführer beim Lenken des Fahrzeugs unterstützen, bei der er aber immer die Hauptverantwortung für das Führen des Fahrzeugs behält (vgl. Abs. 2.3.4). Gemäß Abs. 5.1.6. können Fahrerassistenz-Lenkanlagen nur genehmigt werden, wenn ihre Funktion das Verhalten der Hauptlenkanlage nicht beeinträchtigt. Konstruktionsbedingt muss des Weiteren sichergestellt werden, dass der Fahrzeugführer die Funktion jederzeit durch einen bewussten Eingriff übersteuern kann, um beispielsweise Hindernissen auf der Fahrbahn ausweichen zu können. Nach Abs. 2.3.4 darf die Fahrerassistenz-Lenkanlage zwei Funktionen umfassen.

Das ist zum einen die „automatische Lenkfunktion“ nach Abs. 2.3.4.1, bei der die Betätigung der Lenkanlage aufgrund der automatischen Auswertung von innerhalb des Fahrzeugs ausgelösten Signalen erfolgt, um eine stetige Steuerung zu erreichen, durch die der Fahrzeugführer bei dem Folgen einer bestimmten Fahrspur, beim Rangieren bei niedriger Geschwindigkeit oder beim Einparken unterstützt wird. Dieser zunächst sehr weit anmutende Anwendungsbereich der automatischen Lenkfunktion wird durch die allgemeinen Bauvorschriften für Lenkanlagen nach Abs. 5.1.6.1 jedoch dahingehend eingeschränkt, dass die Steuerung automatisch ausgeschaltet werden muss, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit den Grenzwert von 10 km/h um mehr als 20% (=12 km/h) überschreitet. Auf Grundlage dieser Vorschrift werden beispielsweise Einparkassistenten genehmigt.

Als weitere Funktionsausgestaltung der Fahrerassistenz-Lenkanlagen wird gemäß Abs. 2.3.4.2 die „korrigierende Lenkfunktion“ genannt, die eine unetstetige Steuerfunktion darstellt, bei der für eine begrenzte Dauer Änderungen des Lenkwinkels bei einem oder mehreren Rädern aufgrund der automatischen Auswertung von im Fahrzeug ausgelösten Signalen erfolgen können, damit die gewünschte Richtungsbahn des Fahrzeugs eingehalten oder das dynamische Verhalten des Fahrzeugs beeinflusst wird. Demnach ist zusammenzufassen, dass die derzeit zulässigen Fahrerassistenz-Lenkanlagen nur im unteren Geschwindigkeitsbereich aktiv in die Lenkung eingreifen dürfen (automatische Lenkfunktion) und im Rahmen der korrigierenden Lenkfunktion auch tatsächlich nur für eine begrenzte Dauer Korrekturen vorgenommen werden dürfen, um das Fahrzeug in der Spur zu halten. Für beide Funktionsausgestaltungen gilt, dass der Fahrzeugführer immer die Hauptverantwortung für die Fahrzeugführung behalten muss.

Während teilautomatisierte Fahrzeugsysteme nach dieser Vorschrift mit den aufgezeigten Einschränkungen grundsätzlich zugelassen werden können, ist die Zulassung hochautomatisierter Fahrzeuge insbesondere aufgrund der nach Abs. 2.3.4. geforderten Hauptverantwortung für die Fahrzeugführung nicht möglich. Insofern ist der derzeitige Rechtsrahmen hinsichtlich der ECE-Regelungen zu eng um hochautomatisiertes Fahren auf der Autobahn zulassen zu können.

Regelung 13 H (Bremsen)

Hochautomatisierte Fahrzeuge sollen die Geschwindigkeit selbstständig reduzieren können. Hierfür ist die Regelung 13 H einschlägig, welche die einheitlichen Bedingungen für die Genehmigung von PKW hinsichtlich der Bremsen zum

Gegenstand hat. Im Regelwerk 13 H werden automatisch gesteuerte Bremsen ausdrücklich erwähnt und definiert. Nach Abs. 2.20 ist eine „automatisch gesteuerte Bremsung“ eine Funktion in einem komplexen elektronisch gesteuerten Steuerungssystem, bei der die Betätigung des Bremssystems oder der Bremsen an bestimmten Achsen zur Verzögerung des Fahrzeugs nach automatischer Auswertung der von den bordeigenen Systemen übermittelten Informationen mit oder ohne direktes Eingreifen des Fahrzeugführers erfolgt. Um den rückwärtigen Verkehr auf die Verzögerung des Fahrzeugs aufmerksam zu machen, muss das Betätigen des Betriebsbremssystems ein Signal auslösen, das die Bremsleuchten aufleuchten lässt (vgl. Abs. 5.2.22.1). Hinsichtlich dieser Warnung durch Aufleuchten der Bremsleuchten hält die Regelung 13 H in Abs. 5.2.22.2 ein Äquivalent für die automatisch gesteuerte Bremsung bereit, bei dem ab einer erzeugten Verzögerung von $0,7 \text{ m/s}^2$ die Bremsleuchten ebenfalls aufleuchten müssen. Die Regelung 13 H enthält daher keine Hürden für automatisch gesteuerte Bremsungen und steht somit einer Zulässigkeit hochautomatisierter Fahrzeuge nicht entgegen.

ECE-Regelung 13 H steht weder teil- noch hochautomatisiertem Fahren entgegen.

Regelung 6 (Fahrtrichtungsanzeiger)

Soweit es um automatisierte Überholvorgänge oder Spurwechsel geht, ist gem. § 5 Abs. 4a StVO das Ausscheren zum Überholen und das Wiedereinordnen rechtzeitig und deutlich durch Benutzung der Fahrtrichtungsanzeiger anzuzeigen. Insoweit sind die einheitlichen Bedingungen für die Genehmigung von Fahrtrichtungsanzeigern für Kraftfahrzeuge und ihre Anhänger der ECE-Regelung Nr. 6 zu entnehmen. Übernimmt das System den Überholvorgang selbstständig und nicht vom Fahrer initiiert, so bedarf es der Regelung einer solchen automatischen Aktivierung des Fahrtrichtungsanzeigers. Eine automatische Aktivierung des Fahrtrichtungsanzeigers ist den ECE-Regelungen nicht zu entnehmen, insoweit wird der Rechtsrahmen überschritten, wenn ein Fahrzeug mit solch einer Automatisierung ausgestattet wird.

Eine automatisierte Aktivierung des Blinkers ist von ECE-Regelung 6 nicht umfasst. Der Blinker muss beim Spurwechsel vom Fahrer bedient werden.

Zwischenergebnis der ECE-Regelungen

Hinsichtlich der geprüften ECE-Regelungen stehen nach derzeitiger Rechtslage insbesondere Regelung 79 (Lenkanlagen) und Regelung 6 (Fahrtrichtungsanzeiger) einer Einführung hochautomatisierter Fahrzeuge entgegen.

GTR-Abkommen

Das GTR-Abkommen hat einen parallelen Anwendungsbereich zum ECE-Abkommen und soll solchen Ländern die Teilnahme an der globalen Harmonisierung ermöglichen, die sich nicht durch das FTÜ verpflichtet haben, gegenseitige Zulassungsgenehmigungen anzuerkennen, beispielsweise weil das Typgenehmigungsverfahren mit dem Zulassungsverfahren des Staates nicht in Einklang zu bringen ist. Das GTR-Abkommen wird im Rahmen dieses Gutachtens nicht weiter betrachtet, da sowohl die Bundesrepublik Deutschland als auch die Europäische Union über das FTÜ an die Anerkennung der Typgenehmigung anderer Staaten, welche die entsprechenden ECE-Regelungen angenommen haben, gebunden sind.

Genfer Übereinkommen über den Straßenverkehr

Das Genfer Übereinkommen über den Straßenverkehr von 1949 wurde ausweislich der Präambel mit dem Bestreben vereinbart, die Entwicklung und Sicherheit des internationalen Straßenverkehrs durch Aufstellung einheitlicher Regeln zu fördern. In

dessen Art. 8 Abs. 1 ist normiert, dass jedes Fahrzeug und jeder Zug miteinander verbundener Fahrzeuge einen Führer haben muss. Art. 8 Abs. 5 gibt vor, dass die Führer dauernd in der Lage sein müssen, ihr Fahrzeug zu beherrschen. Das Genfer Übereinkommen über den Straßenverkehr von 1949 stellt insoweit inhaltlich vergleichbare Voraussetzungen an den Fahrzeugführer hinsichtlich der Beherrschungspflicht über sein Fahrzeug wie das WÜ. Da das WÜ dem Genfer Übereinkommen zeitlich nachfolgt und bzgl. Fragen der Zulässigkeit automatisierter Fahrzeuge inhaltlich vergleichbare Anforderungen stellt oder über diese hinausgeht, ist für diejenigen Staaten, welche Vertragsparteien des WÜ sind, vornehmlich das WÜ relevant. Für Staaten, welche zwar das Genfer Übereinkommen (1949), jedoch nicht das Wiener Übereinkommen (1968) unterzeichnet haben, besitzt ersteres jedoch Relevanz (UN 1949; Rechtsinformationssystem des österreichischen Bundeskanzleramts 2015)

5.1.3.3 Bevorstehende Änderung des Wiener Übereinkommens

Den technischen Fortschritt vor Augen haben Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich und Belgien im März 2014 einen Änderungsantrag hinsichtlich des WÜ erarbeitet, der die oben dargestellten Normen des WÜ aufgreift, modifiziert und ergänzt.

Motivation des Änderungsvorschlags

Wie bereits erörtert sind jene Arten von Fahrzeugautomatisierungssystemen nach derzeitiger Rechtslage unzulässig, die technisch nicht übersteuert werden können. Im Betrachtungszeitraum kommt solchen Systemen (mit Ausnahmen) nur geringe praktische Bedeutung zu, da davon auszugehen ist, dass deren technische Reife noch nicht so weit fortentwickelt ist, dass es einer Übersteuerung des Fahrzeugs im Einzelfall nicht bedarf. Ferner ist davon auszugehen, dass auch die gesellschaftliche Akzeptanz solcher nicht übersteuerbaren Systeme im Berichtszeitraum nicht gegeben sein wird. Von weitaus größerer praktischer Bedeutung können im Betrachtungszeitraum aber solche Systeme sein, die zwar technisch übersteuert werden können, diese Übersteuerung jedoch aufgrund der technischen Systemreife regelmäßig nicht erforderlich oder gewünscht ist. So wird Fahrzeugautomatisierungssystemen, die in bestimmten Verkehrssituationen die Fahraufgabe vollständig übernehmen und den Fahrer zu Nebentätigkeiten ermächtigen, neben einem Komfortgewinn auch eine Steigerung der Sicherheit im Straßenverkehr zugesprochen, da einem System keine Flüchtigkeits- oder Müdigkeitsfehler in monotonen Fahrsituationen unterlaufen. Um diesem potentiellen Reformbestreben des Straßenverkehrs nachzukommen und auch im internationalen Vergleich nicht den Anschluss an den straßenverkehrstechnischen Fortschritt zu verlieren, wurde der Änderungsvorschlag erarbeitet.

Als weitere Motivation zur Änderung des WÜ gilt, dass mit dem FTÜ und dem WÜ zwei internationale Verträge existieren, die in großen Bereichen Regelungen zum Gegenstand haben, die sich überschneiden. Somit müssten jeweils zwei Regelungssätze geändert werden, wenn sich der Rechtsrahmen an den technischen Fortschritt anpassen soll. Neben einer Reduzierung dieses bürokratischen Aufwands motiviert auch die potentielle Widersprüchlichkeit zweier Regelungssätze, die den gleichen Regelungsgegenstand betreffen, zur Anpassung. So wurde bereits im Jahr 2009 von der WP.1 (Working Party on Road Traffic Safety der UN/ECE) die Situation als unbefriedigend erachtet, dass sich die ECE-Regelungen schneller dem technischen Fortschritt anpassen können als es dem WÜ – und insbesondere dessen Anhang 5 – möglich ist. Dies hat zur Folge, dass das WÜ an Aktualität verliert. Stehen sich zwei widersprüchliche Regelungen gegenüber, birgt dieser Zustand das Risiko einer Verletzung des einen Regelsatzes durch den anderen, was unter Umständen rechtliche Konsequenzen mit sich ziehen könnte. Zur Verhinderung solcher Situationen sollen die ECE-Regelungen in Übereinstimmung mit den Regelungen des WÜ gebracht werden (UNECE 2009, S.9).

Stand des Änderungsverfahrens

Bevor die Änderungen in Kraft treten können, ist jedoch noch ein Änderungsverfahren auf Grundlage des Art. 49 WÜ durchzuführen. Demnach wird der Änderungsvorschlag allen Vertragsparteien vom UN-Generalsekretär übermittelt, die ab dem Tag der Übermittlung zwölf Monate Zeit haben, die Änderung anzunehmen, abzulehnen oder eine Prüfungskonferenz einzuberufen (Art. 49 Abs. 1 WÜ). Sofern der Änderungsvorschlag von nicht mehr als einem Drittel der Vertragsparteien abgelehnt wird, tritt er nach weiteren sechs Monaten für diejenigen Parteien in Kraft, die zugestimmt oder sich nicht geäußert haben (vgl. Art. 49 Abs. 2 lit. a WÜ). Die Übermittlung durch den UN-Generalsekretär erfolgte zum 23. September 2014. (UN 2014) Frühestmöglich, also wenn alle Vertragsstaaten die Änderung annehmen, tritt sie mit Ablauf des 23. September 2015 in Kraft. Dass die Änderungsvorschläge des WÜ angenommen werden, gilt aufgrund der weitreichenden Potenziale für Fahrzeugautomatisierungssysteme jedoch als wahrscheinlich, sodass diesem Gutachten die Textvorschläge des Änderungsvorschlags zugrunde gelegt werden.

Ein Änderungsverfahren des Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr ist im Gange, wird jedoch noch einige Zeit in Anspruch nehmen.

Rechtswissenschaftliche Würdigung des Änderungsvorschlags

Auf Vorschlag der WP.1 soll das WÜ im Hinblick auf zwei Normen ergänzt werden. Zum einen wird Art. 39 Abs.1 um einen weiteren Satz ergänzt und Art. 8 erhält einen weiteren Absatz.

Überblick

Nach dem Änderungsvorschlag soll Art. 39 Abs. 1 WÜ, der anordnet, dass Kraftfahrzeuge im Sinne des WÜ dem Anhang 5 entsprechen müssen, um einen dritten Satz ergänzt werden. Insgesamt lautet Art. 39 Abs. 1 WÜ im Änderungsvorschlag wie folgt:

Art. 39 Abs. 1 neu

Every motor vehicle, every trailer and every combination of vehicles in international traffic shall satisfy the provisions of Annex 5 to this convention. It shall also be in good working order. When these vehicles are fitted with systems, parts and equipment that are in conformity with the conditions of construction, fitting and utilization according to technical provisions of international legal instruments referred to in Article 8, paragraph 5bis of this Convention, they shall be deemed to be in conformity with Annex 5.

Im Änderungsentwurf ist ersichtlich, dass die technischen Regelungen des Anhang 5 des WÜ in Übereinstimmung mit den ECE-Regelungen gebracht werden, indem durch Satz 3 des Art. 39 Abs. 1 WÜ eine Fiktion dahingehend getroffen wird, dass die in Anhang 5 des WÜ aufgestellten technischen Anforderungen an Fahrzeuge als erfüllt gelten, wenn diese mit Systemen, Teilen oder Ausrüstungsgegenständen ausgestattet sind, die den Vorgaben eines anderen relevanten internationalen Abkommens (namentlich FTÜ- bzw. GTR-Abkommen) entsprechen. Dementsprechend ist eine Widersprüchlichkeit zwischen ECE- bzw. GTR-Regelungen und dem WÜ nicht mehr möglich, da mit Einhaltung dieser Regelungen auch die Vereinbarkeit mit den Regelungen des WÜ sichergestellt wird.

Art. 8 WÜ wird um den neuen Abs. 5bis ergänzt. (UNECE 2014a, S. 9) Dieser lautet wie folgt:

Art. 8 Abs. 5bis WÜ

Vehicle systems which influence the way vehicles are driven shall be deemed to be in conformity with paragraph 5 of this Article and with paragraph 1 of Article 13, when they are in conformity with the conditions of construction, fitting and utilization according to international legal instruments concerning

wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles*.

Vehicle systems which influence the way vehicles are driven and are not in conformity with the aforementioned conditions of construction, fitting and utilization, shall be deemed to be in conformity with paragraph 5 of this Article and with paragraph 1 of Article 13, when such systems can be overridden or switched off by the driver.

* The UN Regulations annexed to the "Agreement concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles and the conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the basis of these prescriptions" done at Geneva on 20 March 1958. [FTÜ]

The UN Global Technical Regulations developed in the framework of the "Agreement concerning the establishing of global technical regulations for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles" done at Geneva on 25 June 1998. [GTR-Abkommen]

Übersetzung des Autors:

Art. 8 Abs. 5bis WÜ

Fahrzeugsysteme, welche die Fahrweise des Fahrzeugs beeinflussen, sollen als mit Abs. 5 dieses Artikels und mit Art. 13 Abs. 1 übereinstimmend erachtet werden, wenn sie den Bauvorschriften des Fahrzeugteileübereinkommens oder des GTR-Abkommens entsprechen.

Fahrzeugsysteme, welche die Fahrweise des Fahrzeugs beeinflussen und nicht den vorgenannten Bauvorschriften entsprechen, sollen als mit Abs. 5 dieses Artikels und Art. 13 Abs. 1 als übereinstimmend erachtet werden, wenn sie vom Fahrer übersteuert oder ausgeschaltet werden können.

Auslegung des Änderungsvorschlags

Der Änderungsvorschlag des WÜ regelt die Frage der Zulässigkeit von Fahrzeugautomatisierungssystemen nunmehr ausdrücklich. Fraglich bleibt aber, welche Form bzw. Stufe der Automatisierung ab Rechtskraft der Änderung zulässig sein wird. Hierfür bedarf es der Auslegung der betreffenden Normen nach völkerrechtlichen Grundsätzen. Die Auslegung völkerrechtlicher Verträge richtet sich grundsätzlich gemäß dem Wiener Übereinkommen über das Recht der Verträge (WVK). (Bundesgesetzblatt Teil II 1985, S. 926ff.; Graf Vitzthum 2010, Rn. 123) Der insoweit geltende Art. 31 Abs. 1 WVK besagt: „Ein Vertrag ist nach Treu und Glauben in Übereinstimmung mit der gewöhnlichen, seinen Bestimmungen in ihrem Zusammenhang zukommenden Bedeutung und im Lichte seines Ziels und Zwecks auszulegen“.

Bei der Anwendung der Artt. 31 ff. WVK hat sich ein objektiver Ansatz durchgesetzt. Der Wille der vertragschließenden Parteien zum Zeitpunkt des WÜ im Jahre 1968 ist für die Auslegung demnach grundsätzlich unbeachtlich. In Übereinstimmung mit dieser „objektiven Theorie“, ist auf den Text, auf den authentischen Wortlaut der Vertragsbestimmung und auf die „gewöhnliche“ Bedeutung der gebrauchten Worte abzustellen. (Graf Vitzthum 2010, Rn. 123). Grundsätzlich geht demnach die Auslegungslehre völkerrechtlicher Verträge vom Wortlaut aus.

Ebenfalls für die Auslegung relevant sind neben dem Wortlaut jedoch Anlagen, Protokolle und auch jede spätere Übereinkunft oder Übung sowie sonstige anwendbare Rechtssätze (vgl. Art. 31 Abs. 2 und 3 WVK). Die Auslegung zielt daher letztlich auf den aktuellen Parteikonsens. (Graf Vitzthum 2010, Rn. 123)

Bleibt nach der auf diesen Grundsätzen beruhenden Auslegung die Bedeutung des Vertrags(teils) mehrdeutig oder im Dunkeln, oder führt sie zu einem offensichtlich sinnwidrigen Ergebnis, können ergänzende Auslegungsmittel, wie insbesondere die vorbereitenden Arbeiten und die Umstände des Vertragsabschlusses herangezogen werden, Art. 32 WVK. Der Wortlaut des Vertragstextes bildet daher zwar die

Grundlage für die völkerrechtliche Auslegung. Soweit dieser, neben den weiteren Auslegungskriterien des Art. 31 WVK, jedoch nicht ausreicht die Bedeutung des Vertrags zu bestimmen, kommen ergänzende Auslegungsmittel zum Zuge, nämlich die Beurteilung nach vorbereitenden Arbeiten und der Umstände des Vertragsabschlusses. Diese nicht starre Orientierung am Wortlaut ist nicht nur durch die WVK geboten, sondern auch vor dem Hintergrund richtig, dass völkerrechtliche Verträge oftmals multilateral ausgestaltet sind und so mehrere Wortlaute der verschiedenen authentischen Vertragssprachen in Einklang gebracht werden müssen.

Wortlaut

Art 8 Abs. 5bis erklärt Fahrzeugsysteme, die beeinflussen, wie ein Fahrzeug gefahren wird, unter zwei Voraussetzungen als mit Art. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ konform. Nach Satz 1 gelten die Anforderungen der Artt. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ (Beherrschungsgrundsatz) als erfüllt, wenn die Fahrzeugsysteme mit dem FTÜ- und dem GTR-Abkommen vereinbar sind. Im Hinblick auf diese Legalverweisung wird deutlich, dass zukünftig die Voraussetzung der Beherrschbarkeit aus Art. 8 Abs. 5 und Art. 13 Abs. 1 WÜ für solche Fahrzeugsysteme keine Anwendung findet, die insbesondere mit den ECE-Regelungen in Einklang stehen.

Eine zweite Möglichkeit, die Zulässigkeit von Fahrzeugsystemen zu begründen, die die Fahrweise eines Fahrzeugs beeinflussen aber nicht die Anforderungen eines internationalen Abkommens erfüllen, enthält Art. 8 Abs. 5bis S. 2 WÜ. Demnach gelten die Anforderungen der Art. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ bei Fahrzeugsystemen als erfüllt, wenn sie vom Fahrer übersteuert oder ausgeschaltet werden können. Auffällig ist zunächst, dass Art. 8 Abs. 5bis S. 1 WÜ die Vereinbarkeit von Fahrzeugautomatisierungssystemen mit Art. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ einzig und allein davon abhängig macht, ob betreffende Systeme mit den ECE-Regelungen vereinbar sind. Insbesondere die Anforderung an eine Übersteuerbarkeit scheint gemäß dem Wortlaut von S. 1 nicht ein Kriterium für die Übereinstimmung von Fahrerassistenzsystemen mit Art. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ zu sein.

S. 2 des Art. 8 Abs. 5bis WÜ macht hingegen gerade die Vereinbarkeit mit dem Beherrschungsgrundsatz davon abhängig, ob ein System übersteuerbar ausgestaltet sein muss oder jedenfalls ausgeschaltet werden können muss. Daraus kann im Umkehrschluss gefolgert werden, dass von S. 1 auch solche Systeme erfasst werden, die – sofern sie in den ECE-Regelungen normiert sind – nicht übersteuert werden können, denn sonst hätte S. 1 keinen eigenen Anwendungsbereich, da S. 2 als entscheidendes Kriterium nur die Übersteuer- bzw. Abschaltbarkeit nennt. Nach diesem Verständnis wären sämtliche Fahrzeugautomatisierungssysteme mit dem WÜ vereinbar, unabhängig davon ob sie übersteuerbar sind oder nicht. Schweden hingegen ist der Ansicht, dass die angestoßenen Änderungen des WÜ nicht ausreichen, um die völkerrechtliche Vereinbarkeit von hochautomatisierten Fahrzeugen zu begründen und fordert, einen diesbezüglichen Tagungsordnungspunkt auf die Agenda der WP 1 zu setzen. (United Nations Economic and Social Council (Hrsg.) (2014): Proposal for a new work item on the agenda of the Working Party on Road Traffic Safety

Systematischer Zusammenhang

Bei der Auslegung ist gemäß Art. 31 Abs. 1 WVK die relevante Norm in ihrer kontextuellen Bedeutung zu berücksichtigen. Dabei fällt auf, dass zwar Art. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ regelmäßig in der Literatur als Nadelöhr für die Zulässigkeit von Fahrzeugautomatisierungssystemen gelten, aber noch weitere Normen im WÜ zu finden sind, deren Wortlaut gegen die Zulässigkeit solcher Systeme sprechen könnte und die nicht Gegenstand des Änderungsvorschlags sind.

So schreibt bspw. Art. 6 Abs. 2 WÜ vor, dass Verkehrsteilnehmer unverzüglich den Zeichen und Weisungen der den Verkehr regelnden Polizisten nachkommen müssen und Art. 8 Abs. 6 S. 1 WÜ gibt vor, dass der Führer eines Fahrzeugs alle anderen Tätigkeiten als das Führen seines Fahrzeugs vermeiden muss.

Diese Normen beschreiben konkrete Handlungs- bzw. Unterlassungspflichten, welche an den Fahrer gerichtet sind. Bei nicht übersteuerbaren Systemen kann diesen Pflichten schon begriffslogisch nicht nachgekommen werden, denn wer nicht übersteuernd eingreifen kann, kann einer auf die Fahrweise abzielenden polizeilichen Weisung wie zum Beispiel „Bitte folgen“ nicht nachkommen. Offensichtlich stehen diese Normen auch im Widerspruch zu jenen Automatisierungssystemen, die Nebentätigkeiten ermöglichen, denn wer einer Nebentätigkeit nachgeht und damit rechnet, das System werde ihn mit angemessener Zeitspanne ans Steuer zurückrufen, kann nur schwer den Zeichen und Weisungen eines den Verkehr regelnden Polizisten unverzüglich folgen. Noch deutlicher wird die Diskrepanz bei der Vermeidungspflicht aller anderen Tätigkeiten als dem Führen des Fahrzeugs. Letztlich bedeutet dies nichts anderes als die Geltung des Beherrschungsgrundsatzes aus Art. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ in negierter Ausführung. Zwar fordern nicht alle authentischen Vertragssprachen diese Vermeidung von anderen Tätigkeiten in ihrer Absolutheit, sondern stellen zum Teil nur auf eine Minimierung ab (chinesisch, englisch und russisch), ein grundsätzlicher Widerspruch bleibt dennoch bestehen (Lutz, L. 2014b, S. 449).

Würde verlangt werden, dass wegen der Bestimmungen der Artt. 6 Abs. 2 und 8 Abs. 6 WÜ jedes Assistenzsystem, das die Fahrweise eines Fahrzeugs beeinflusst, übersteuerbar ausgestaltet sein muss, hätte Art. 8 Abs. 5 bis S. 1 WÜ keinen eigenen Anwendungsbereich. Es käme auf die Vereinbarkeit mit den ECE-Regelungen niemals an, da bereits in Art. 8 Abs. 5 bis S. 2 WÜ übersteuerbare Assistenzsysteme ausdrücklich zulässig sind.

Der Änderungsvorschlag, der nur die Vereinbarkeit von Fahrzeugautomatisierungssystemen mit dem Beherrschungsgrundsatz hinsichtlich der Artt. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ anordnet, jedoch nicht auch die Regelungen aus Artt. 6 Abs. 2 und 8 Abs. 6 WÜ betrifft, ist folglich durch eine systematische Widersprüchlichkeit gekennzeichnet und lässt die Bedeutung der Änderung dunkel, bzw. führt zu einem offensichtlich sinnwidrigen oder unvernünftigen Ergebnis i.S.d. Art. 32 WVK.

Ergänzende Vertragsauslegung

Ergänzend können in solchen Fällen weitere Auslegungsmittel nach Art. 32 WVK herangezogen werden, um die Bedeutung der Änderung zu bestimmen. Insbesondere sind das die vorbereitenden Arbeiten und die Umstände des Vertragsschlusses bzw. dessen Änderung. Hierzu gehören bspw. die Begründungen des Änderungsentwurfs und die diesbezüglichen Präsentationen des Sekretariats der WP.1, welche vor Beschlussfassung vorgetragen wurden.

Gemäß der Begründung des Änderungsentwurfs der WP.1 wird Fahrzeugautomatisierungssystemen ein positiver Einfluss auf die Verkehrssicherheit zugesprochen. (UNECE 2014a, S. 11, Nr. 2) In diesem Zugewinn an Verkehrssicherheit liegt u. a. die Motivation der WP.1 für die Änderung des WÜ begründet. Vor der Beschlussfassung über den Änderungsvorschlag haben sich Experten des Sekretariats der WP.1 im Rahmen einer Präsentation geäußert. (Lutz, L. 2014b, S. 450) Demzufolge soll das FTÜ es erlauben, jegliche neuen Technologien wie bspw. „hands off“, „feet off“ oder jene, die keine Überwachung erfordern in das WÜ einzugliedern.

Ausdrücklich soll keine Beschränkung auf Systeme getroffen werden, die der Fahrer ständig überwachen muss und von denen er unmittelbar die Kontrolle zurückübernehmen können muss. (UNECE 2014b, S. 6) Demnach ergibt sich aus der ergänzenden Auslegung, dass mit dem Änderungsvorschlag eine grundsätzlich umfassende Reformierung der Anforderungen an den Beherrschungsgrundsatz eintreten soll. In der Literatur wird dahingehend sogar vertreten, Artt. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ stellen Generalklauseln dar, die systematisch über den anderen Vorschriften des WÜ stehen. (Lutz, L. 2014b, S. 450)

Ein anderes Auslegungsergebnis wäre auch mit der nach Art. 31 Abs. 1 WVK gebotenen Auslegung nach Treu und Glauben nicht vereinbar. Wenn durch eine Änderung eine Rechtslage geschaffen werden soll, die nach den ECE-Regelungen

zulässige Systeme auch mit dem WÜ für übereinstimmend erklärt, wäre es widersinnig das Gegenteil aus anderen Normen des WÜ herzuleiten.

Auslegungsgrenze

Zieht man die Begründung für den Änderungsvorschlag zur Auslegung hinzu, so ergibt sich, dass eine grenzenlose Zulässigkeit insbesondere von nicht übersteuerbaren Systemen nicht den Willen der Vorschlagenden widerspiegeln. Denn demnach ist es der Leitgedanke der Straßenverkehrsregelungen, den menschlichen Fahrer als dem System übergeordnet zu begreifen. Die Konstruktion von Fahrzeugautomatisierungssystemen soll nicht dazu führen, dass gesunden und verantwortungsvollen Fahrern die Fahrentscheidung durch nicht übersteuerbare Systeme abgenommen wird (UNECE 2014a, S. 11, Nr. 4, 6). Grundgedanke des WÜ ist und bleibt demnach das Vorhandensein eines freiverantwortlichen Fahrers der im Bedarfsfall eingreifend übersteuern kann. Es kann jedoch Systeme geben, die zeitweise oder dauerhaft nicht übersteuert oder ausgeschaltet werden sollen, um ihre Funktion garantieren zu können. Bei konstruktiver Übersteuerbarkeit kann sich die gefährliche Situation sogar noch verschlimmern, wenn ein Fahrer eingreift. Zu solchen Systemen gehört z.B. der Notbremsassistent, der in einer Notbremssituation den größtmöglichen Bremsdruck und damit die stärkste Verzögerung garantieren soll (UNECE 2014a, S. 11, Nr. 5). In jüngster Zeit kamen solche Automatisierungssysteme auf den Markt, deren Vereinbarkeit mit den Verkehrsregeln aufgrund ihrer Nichtübersteuerbarkeit umstritten war. Die vorgeschlagene Anpassung des WÜ soll hinsichtlich der Vereinbarkeit solcher Systeme Klarheit schaffen (UNECE 2014a, S. 11, Nr. 3). Dem Änderungsvorschlag ist daher zu entnehmen, dass nicht übersteuerbare Systeme zwar nicht grundsätzlich unzulässig sind, jedoch nur ausnahmsweise eingesetzt werden sollen, wenn das Eingreifen des Fahrers die Gefahrensituation nicht mehr auflösen kann oder der Fahrer mithin schon die Beherrschung über sein Fahrzeug verloren hat.

Eine weitere wichtige Grenze bzgl. des Änderungsvorschlags betrifft das gänzlich führerlose Fahren. Vom Änderungsvorschlag nicht umfasst ist nämlich Art. 8 Abs. 1 WÜ, der das Vorhandensein eines Führers vorschreibt, wenn ein Fahrzeug in Bewegung ist. Dieses Ergebnis, dass ein menschlicher Führer weiterhin vorhanden sein muss, kann auch nicht durch Auslegung angepasst werden. So wurde im Rahmen der vor der Beschlussfassung abgehaltenen Präsentation der Experten der WP.1 die Eingliederung führerloser Technologien ausdrücklich abgelehnt (UNECE 2014b, S.6). Und auch der Begründung ist zu entnehmen, dass weiterhin ein Führer anwesend sein muss, der eine hierarchisch über dem System liegende Rolle einnimmt. (UNECE 2014a, S. 11, Nr. 4). Schweden und Belgien haben im März 2015 eine weitere, die Definition des Fahrzeugführers betreffende Änderung des WÜ vorgeschlagen, die jedoch nicht das hochautomatisierte Fahren adressiert, sondern sich vielmehr höheren Automatisierungsgraden widmet („fully autonomous driving“). Nach diesem Änderungsvorschlag soll die Definition des Führers in Art. 1 lit v) WÜ erweitert werden. Als Führer soll danach nicht nur der menschliche Fahrzeugführer begriffen werden, sondern auch ein Fahrzeugsystem, das die allzeitige Kontrolle („full control“) über das Fahrzeug vom Zeitpunkt des Losfahrens bis zum Zeitpunkt der Ankunft hat und das mit dem FTÜ in Einklang steht. Darauf aufbauend soll in Art. 8 Abs. 5 ein weiterer (dritter) Unterabsatz aufgenommen werden (Art. 8 Abs. 5ter), der den Beherrschungsgrundsatz (Art. 8 Abs. 4 und 5 WÜ) für unanwendbar erklärt, wenn Fahrzeuge von einem Fahrzeugsystem gefahren werden, wie es in Art. 1 lit. v) WÜ definiert wird (UNECE 2015, S.6-7).

Für hochautomatisiertes Fahren, wie es hier verstanden wird und bei welchem auf einen menschlichen Fahrer nicht verzichtet werden kann, bedarf es einer solchen von Schweden und Belgien vorgeschlagenen Änderung jedoch nicht. Vielmehr greift dieser Änderungsvorschlag sehr weit in die Zukunft, indem er auf die Verzichtbarkeit eines menschlichen Fahrzeugführers abstellt. Nach hier vertretener Ansicht genügt der

Änderungsvorschlag vom März 2014, um hochautomatisiertes Fahren mit dem WÜ in Einklang zu bringen.

Zusammenfassung der Auslegung des Änderungsvorschlags

Nach der Auslegung der Vorschlagsbegründung ergibt sich die Konzeption des Art. 8 Abs. 5bis WÜ wie folgt:

Regelfall ist S. 2, der Fahrzeugsysteme als mit dem Beherrschungsgrundsatz vereinbar sieht, wenn eine Übersteuerbarkeit gegeben ist. Da hier der Fahrer individuell eingreifen und so weiterhin Einfluss auf das Fahrverhalten des Fahrzeugs nehmen kann, wird solchen Fahrzeugsystemen eine geringere Gefährlichkeit zugemessen, weshalb das WÜ sich im Regelungsbereich zurücknimmt. Klarzustellen ist aber, dass mit der Vereinbarkeit solcher Fahrzeugsysteme mit dem Beherrschungsgrundsatz noch nichts abschließend über deren Zulässigkeit gesagt ist. Lediglich das WÜ nimmt sich aus der Entscheidung über die konkrete Zulässigkeit heraus. Anwendbar sind jedoch dann die ECE-Regelungen.

S. 1 stellt den konzeptionellen Ausnahmefall dar. Systeme, die nicht übersteuerbar sind, sollen grundsätzlich auch nicht mit dem Beherrschungsgrundsatz vereinbar sein. Ausnahmsweise können aber auch solche Systeme mit dem Beherrschungsgrundsatz vereinbar sein, wenn der Fahrer aufgrund der spezifischen Gefahrensituation nicht mehr in der Lage ist, durch einen angemessenen Eingriff auch nach Rücknahmeaufforderung sein Fahrzeug zu kontrollieren, oder sogar die Situation durch ein Übersteuern verschlimmern kann (UNECE 2014a, S. 11, Nr. 5). Dann wird wohl davon ausgegangen, dass der Fahrer die geforderte Beherrschung bereits verloren hat. Aufgrund ihrer potentiell höheren Gefährlichkeit müssen solche übersteuerbaren Systeme nach Art. 8 Abs. 5bis S. 1 WÜ den ECE-Regelungen entsprechen.

5.1.3.4 Zwischenergebnis: Reichweite der Änderung des Wiener Übereinkommens

Bisher war das WÜ Dreh- und Angelpunkt bei der Frage der Zulässigkeit von Fahrzeugautomatisierungssystemen. Diese Situation hat sich zwar formal drastisch geändert, inhaltlich sind von dieser Reform zunächst jedoch keine wesentlichen Änderungen betroffen.

Das WÜ erklärt Systeme, die übersteuerbar sind, als mit dem Beherrschungsgrundsatz für vereinbar und nimmt sich dahingehend selbst den Anwendungsbereich. Die konkrete Zulässigkeit richtet sich dann aber in einem weiteren Prüfungsschritt nach dem parallel anwendbaren Fahrzeugteileübereinkommen, das die ECE-Regelungen zum Gegenstand hat. Dort sind die konkreten Anforderungen zu normieren.

Systeme, die nicht übersteuert werden können, werden direkt als mit dem Beherrschungsgrundsatz für vereinbar betrachtet, wenn sie konform mit dem Fahrzeugteileübereinkommen sind

Die Unterscheidung zwischen Satz 1 und Satz 2 hat auf das Ergebnis keinen Einfluss. In beiden Fällen sind Fahrzeugautomatisierungssysteme nur zulässig, wenn die ECE-Regelungen sie für zulässig erachten. Die Differenzierung zwischen dem Verweis in S. 1 und der Herausnahme aus dem Regelungsbereich des WÜ in S. 2 ist wohl der Motivation einer Klarstellung dahingehend geschuldet, dass nicht übersteuerbare Systeme nicht generell unzulässig sein sollen, aber einer Regelung im Fahrzeugteileübereinkommen bedürfen.

Insgesamt kann daher festgehalten werden, dass sich künftig die Frage nach der Zulässigkeit von Fahrzeugautomatisierungssystemen nicht mehr nach dem WÜ richtet, sondern nach den auf Grundlage des FTÜ erlassenen ECE-Regelungen. Auf diese voraussichtliche Unanwendbarkeit des WÜ hinsichtlich der Frage nach der Zulässigkeit solcher Systeme wurden die beschlussfassenden Parteien auch vom Sekretariat im Rahmen einer Präsentation vor der Beschlussfassung aufmerksam gemacht. (UNECE 2014b, S.6) Insofern stärkt die daran anschließend erfolgte Beschlussfassung die hier vertretene Ansicht.

Wird das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr geändert, sind zukünftig für die Frage der Fahrzeugautomatisierung die ECE-Regelungen maßgebend.

5.1.4 Rechtliche Handlungsmöglichkeiten bzgl. der internationalen Verträge, der Verkehrsregeln und des Zulassungsrechts

Im folgenden Abschnitt werden rechtliche Handlungsmöglichkeiten der detektierten Hemmnisse auf dem Weg zum hochautomatisierten Fahren auf der Autobahn hinsichtlich des Verhaltens- und Zulassungsrechts aufgezeigt. An die Darstellung der einzelnen zu ändernden Rechtsakte schließt sich die Darstellung der Grenzen solcher Änderungen im Lichte der Verfassung an.

5.1.4.1 Internationale Verträge

Das WÜ bedarf, sofern die dargestellten und ausgelegten Änderungsvorschläge angenommen werden, keiner weiteren Anpassung. Hochautomatisierte Fahrzeuge stehen diesem völkerrechtlichen Vertrag zukünftig nicht mehr entgegen, vielmehr ist die Frage über deren Zulassungsfähigkeit im Wesentlichen aus dessen Anwendungsbereich genommen worden.

Änderungen bedarf es auf internationaler Ebene jedoch hinsichtlich der auf Grundlage des FTÜ erlassenen ECE-Regelungen. Insbesondere bzgl. automatisierter Lenkanlagen für hochautomatisierte Fahrfunktionen wie Spurwechsel oder Überholmanöver müsste der Geschwindigkeitsbereich von derzeit 10 km/h (vgl. ECE-Regelung 79) auf eine Größenordnung von beispielsweise 130 km/h erhöht werden. Dieser Wert entspricht der Richtgeschwindigkeit auf deutschen Autobahnen¹⁰⁴ und ist wohl nötig, um die Flüssigkeit des Verkehrs gewährleisten zu können. Hierdurch könnte es hochautomatisierten Fahrzeugen ermöglicht werden, selbstverantwortlich – im Rahmen der Systemgrenzen – Spurwechsel und Überholvorgänge durchzuführen.

Regelungstechnisch müsste weiterhin der Fahrzeugführer von der Hauptverantwortung für das Führen des Fahrzeugs während dieser Fahrmanöver befreit werden.

Des Weiteren bedarf es einer Normierung der automatischen Aktivierung des Fahrtrichtungszeigers, um anderen Verkehrsteilnehmern die bevorstehende Durchführung der Fahrmanöver anzeigen zu können. Um diesbezügliche Regularien auf den Weg zu bringen, hat die zuständige WP.29 der UNECE die Arbeitsgruppe „Intelligent Transport Systems /Automated Driving“ gegründet (UNECE 2014c).

Zur Zulassung hochautomatisierten Fahrens muss der Geschwindigkeitsbereich für automatisierte Lenkanlagen stark erhöht werden und die Hauptverantwortung des Fahrzeugführers während automatisierter Lenkmanöver müsste wegfallen. Es bedarf weiterhin der Normierung automatisierter Fahrtrichtungsanzeiger (Blinker).

5.1.4.2 Verhaltensrecht bzw. Zulassungsrecht

Wie dargestellt, ist Adressat der Verhaltenspflichten nach dem Verständnis der StVO der menschliche Fahrzeugführer. Um den Fahrzeugführer von der Fahraufgabe zu befreien und ihm gewisse Nebentätigkeiten gestatten zu können, bedarf es einer

¹⁰⁴ Autobahn-Richtgeschwindigkeits-Verordnung vom 21. November 1978 (BGBl. I 1978, S. 1824), zuletzt geändert durch Verordnung vom 5. August 2009 (BGBl. I 2009, S. 2631).

Anpassung der verkehrsordnungsrechtlichen Regelungen dahingehend, dass der Fahrer in hochautomatisierten Phasen zeitweise von den Pflichten der StVO befreit ist und die Fahraufgaben zu dieser Zeit vom hochautomatisierten Fahrzeug übernommen werden.

Sicherstellung der Einhaltung der Regeln der StVO

Bei der Schaffung bzw. Änderung der verkehrsordnungsrechtlichen Regelungen hat der Gesetzgeber die verkehrliche Handlungsfreiheit und seine Schutzpflicht vor Verkehrsgefahren in einen angemessenen Ausgleich zu bringen. Unabdingbare Voraussetzung für den Schutz vor Verkehrsgefahren ist, dass hochautomatisierte Fahrzeuge nicht nach einer vom Hersteller nach Gutdünken entwickelten Fahrweise auf Autobahnen teilnehmen, sondern sich den Verhaltensweisen anderer, insbesondere nichtautomatisierter Verkehrsteilnehmer anpassen, die an die StVO gebunden sind. An diesem Punkt wird die Verknüpfung der ursprünglichen straßenverkehrsrechtlichen Konzeption einer Trennung zwischen Verhaltensrecht und Zulassungsrecht deutlich. So können die Anforderungen an die Fahrweise eines hochautomatisierten Fahrzeugs nicht im Verhaltensrecht selbst normiert werden, da dieses nur den Menschen und keine technischen Systeme adressiert. Vielmehr muss die ordnungsgemäße Fahrweise bereits zulassungsrechtlich sichergestellt werden, denn hier kann der Mensch als Adressat des Rechts verpflichtet werden, das Automatisierungssystem so zu konstruieren, dass das Fahrzeug in der Lage ist, die in der StVO verankerten Verkehrsregeln entsprechend eines menschlichen Fahrzeugführers einzuhalten und damit dafür zu sorgen, dass vom System keine Gefahren ausgehen. Soweit diese regelkonforme Fahrweise nicht gewährleistet werden kann, ist dies dem menschlichen Fahrzeugführer systemseitig mit entsprechend ausreichender Zeitreserve anzuzeigen, damit dieser die Fahraufgabe übernehmen kann. Auch dies ist zulassungsrechtlich sicherzustellen.

Denkt man weiter in die Zukunft, so ist Ziel der Automobilindustrie, hochautomatisierte Fahrzeuge nicht nur in Deutschland zu vertreiben und für deutsche Straßen zuzulassen, sondern dies auch im internationalen Bereich zu tun. Hierbei gilt es zu beachten, dass sich trotz des WÜ die Straßenverkehrsordnungen einzelner Staaten zum Teil erheblich voneinander unterscheiden. Soll dem Kunden eine komfortable Grenzüberfahrt und ein Befahren ausländischer Straßen im hochautomatisierten Fahrmodus ermöglicht werden, gilt es die Einhaltung aller jeweiligen nationalen Straßenverkehrsregeln zulassungsrechtlich sicherzustellen. Dies erscheint mit erheblichem Aufwand und nicht abschätzbaren Umsetzungsschwierigkeiten verbunden. Es bietet sich daher zur Vermeidung dieser Hemmnisse an, Straßenverkehrsregeln international zu harmonisieren. Diese anzustrebende Harmonisierung ist nicht nur für die Regeln des Straßenverkehrs zielführend, sondern hat aufgrund der vermehrt kamerabasierten Erkennung von Verkehrszeichen eine hohe Relevanz.

Die Sicherstellung der Einhaltung der (internationalen) Verkehrsregeln automatisierter Fahrzeuge kann nicht in der StVO erfolgen, da diese nur den Menschen adressiert. Vielmehr ist die regelkonforme Fahrweise von automatisierten Fahrzeugen bereits zulassungsrechtlich sicherzustellen.

Im Einzelnen ist insbesondere die Einhaltung der folgenden Normen der deutschen StVO relevant:

§ 3 StVO¹⁰⁵: Geschwindigkeit

Nach § 3 Abs. 1 StVO darf nur so schnell gefahren werden, dass das Fahrzeug ständig beherrscht wird. Bereits auf zulassungsrechtlicher Ebene muss sichergestellt werden, dass das Fahrzeug nur mit einer solchen Geschwindigkeit fährt, die vom System beherrscht werden kann. Diese Geschwindigkeit ist insbesondere den Straßen-, Verkehrs-, Sicht- und Wetterverhältnissen sowie den Eigenschaften von Fahrzeug und Ladung anzupassen. Gem. § 3 Abs. 2 StVO darf ohne triftigen Grund nicht so langsam gefahren werden, dass der Verkehrsfluss behindert wird. § 3 Abs. 3 StVO erteilt Regelungen zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit von PKW auch unter günstigsten Umständen. Danach beträgt diese innerhalb geschlossener Ortschaften 50 km/h und außerhalb geschlossener Ortschaften 100 km/h. Für Autobahnen besteht gem. § 18 Abs. 5 StVO für PKW regelmäßig keine Vorgabe zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit, sofern durch Verkehrszeichen nichts anderes vorgegeben ist.

Die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit ist jedoch nach den oben genannten objektiven¹⁰⁶ Kriterien zu ermitteln. Insofern ist es die Aufgabe der Hersteller, jede Fahrsituation technisch so zu antizipieren, dass eine ständige Beherrschung des Fahrzeugs sichergestellt wird und wenn dies nicht der Fall ist, die Fahraufgabe mit ausreichend Zeitreserve an den menschlichen Fahrzeugführer übergeben wird.

§ 4 StVO: Abstand

Nach § 4 Abs. 1 S. 1 StVO muss der Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug in der Regel so groß sein, dass auch dann hinter diesem gehalten werden kann, wenn es plötzlich gebremst wird.

Hierbei wird es Herausforderung der Hersteller sein, den nötigen Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug so zu wählen und permanent zu überprüfen, dass sich der Fahrer des vorausfahrenden Fahrzeugs durch den gewählten Abstand nicht verunsichern lässt. Denkbar ist, dass automatisierte Fahrzeuge aufgrund der im Vergleich zum Menschen minimalisierten Reaktionszeit grundsätzlich einen geringeren Abstand wählen können und dennoch sicher zum Stehen kommen bevor es zu einer Kollision kommt. Dieser vergleichsweise geringe Abstand darf nicht zu einer gefühlten Bedrohung des vorausfahrenden Fahrzeugführers werden, sodass dieser sich zu verkehrsgefährdenden Fahrmanövern wie beispielsweise eines abrupten Spurwechsels verleiten lässt. Insbesondere § 4 Abs. 1 S. 2 StVO birgt hohe Hürden. Da nach dieser Norm das Fahrzeug nicht ohne zwingenden Grund stark abgebremst werden darf, sind an Bremsassistenzsysteme hohe Anforderungen bezüglich der Bilderkennung bzw. anderer sensorischer Detektionsverfahren zu stellen. So verstößt ein Fahrer gegen § 4 Abs. 1 S. 2 StVO, wenn er wegen eines Kleintieres, das vor das Fahrzeug läuft oder fliegt, stark abbremst. Bei größeren Tieren kann ein starkes Bremsen hingegen wegen der mit der Kollision verbundenen Gefahren - je nach Verkehrssituation - zulässig oder sogar geboten sein (König 2013d, Rn. 15). Wenn ein automatisiertes Bremssystem an derartigen Entscheidungen beteiligt wird, muss es also auf eine Sensorik zurückgreifen können, die zwischen kleinem und großem Tier einerseits und einem Menschen oder einem festen Hindernis andererseits zuverlässig zu unterscheiden vermag. Zulassungsrechtlich muss sichergestellt sein, dass das Fahrzeugsystem die Güterabwägung der Rechtsprechung zu § 4 Abs. 1 S. 2 StVO zumindest rudimentär nachvollziehen kann. Hochentwickelte technische Detektions- und Analysensysteme mögen zu einer solchen Abwägung letztlich besser in der Lage sein als ein Mensch, da sie beispielsweise in Bruchteilen von Sekunden Berechnungen zu Gewicht und

¹⁰⁵ Die Regelung des § 3 StVO adressiert grundsätzlich den Fahrzeugführer „Wer ein Fahrzeug führt...“, hier wird jedoch aus Gründen der Verständlichkeit eine neutrale Adressierung gewählt.

¹⁰⁶ Subjektive Kriterien wie die persönlichen Fähigkeiten des Fahrzeugführers sind bei Fahrzeugautomatisierungssystemen nicht relevant.

mechanischem Widerstand eines Tieres in den Entscheidungsprozess einbeziehen könnten. Da es sich bei der hinter § 4 Abs. 1 S. 2 StVO stehenden Entscheidung vornehmlich um eine Gefahrenabwägung und nur nachrangig um eine ethische Bewertung handelt (vgl. Kapitel 5.1.4.3.), mag eine Maschine, welcher ausreichend Informationen über die Entscheidungsfindung zur Verfügung stehen, sogar geeigneter sein als ein Mensch. Derzeit genügen jedoch die automatischen Detektionssysteme zur Bilderkennung etc. nicht den Anforderungen, die aus § 4 Abs. 1 S. 2 StVO für ein automatisches Bremssystem abgeleitet werden können. Hochautomatisierte Fahrzeuge können erst zugelassen werden, wenn die technischen Detektionsverfahren (insb. die Bilderkennung und -verarbeitung) so fortgeschritten sind, dass beispielsweise ein Bremsassistent sicher zwischen nicht schützenswerten (aufgewirbelte Plastiktüte) und schützenswerten Hindernissen (Mensch) unterscheiden kann.

§§ 5, 6 und 7 Abs. 5 StVO: Überholen, Vorbeifahren und Fahrstreifenwechsel

Gemäß § 5 Abs. 1 StVO ist links zu überholen. Das rechtsseitige Überholen ist daher mit wenigen Ausnahmen (§§ 5 Abs. 7, 7 Abs. 2, 2a, 3 StVO) nicht gestattet. Überholt werden darf gem. § 7 Abs. 2 StVO nur, wenn zu übersehen ist, dass während des gesamten Überholvorgangs jede Behinderung des Gegenverkehrs ausgeschlossen ist und das überholende Fahrzeug mit wesentlich höherer Geschwindigkeit fährt als das zu überholende. Unzulässig ist das Überholen, wenn die Verkehrslage unklar ist oder das Überholen durch Verkehrszeichen untersagt ist, § 5 Abs. 3 StVO.

Der Ausschervorgang zum Überholen muss so ausgestaltet sein, dass eine Gefährdung des nachfolgenden Verkehrs ausgeschlossen ist. Dieser Ausschervorgang ist rechtzeitig und deutlich mit Hilfe der Fahrtrichtungsanzeiger anzukündigen, § 5 Abs. 4, 5 StVO.

Beim Überholvorgang ist ein ausreichender Sicherheitsabstand zu anderen Verkehrsteilnehmern einzuhalten. Wird ein hochautomatisiertes Fahrzeug überholt, ist sicherzustellen, dass eine Erhöhung der Geschwindigkeit während des Überholvorgangs nicht stattfinden kann gemäß § 5 Abs. 6. StVO. Ein Fahrstreifenwechsel darf laut § 7 Abs. 5 StVO unter Verwendung der Fahrtrichtungsanzeiger nur ausgeführt werden, wenn eine Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer ausgeschlossen ist.

§ 1 StVO: Grundregel

Menschliche Fahrer sind durch § 1 StVO zur ständigen Vorsicht und gegenseitigen Rücksichtnahme verpflichtet. Sie müssen sich so verhalten, dass kein anderer geschädigt, gefährdet oder mehr als nach den Umständen unvermeidbar, behindert oder belästigt wird. Sie müssen sich also in den Verkehrsfluss einfügen und bei erkennbar rechtswidrigem Verhalten anderer zurückstehen, wenn sonst Gefahr entstünde. (König 2013c, Rn. 7) Das kann im Einzelfall sogar dazu führen, dass ausdrücklich andere Regelungen der StVO nur mit einer gewissen Flexibilität beachtet werden müssen, wenn es sonst zu Gefährdungen oder Schäden kommen würde (z. B. darf die Einhaltung einer Geschwindigkeitsbegrenzung durch einen Hintermann nicht durch ein plötzliches Herunterbremsen erzwungen werden). Solch ein flexibler Umgang mit grundsätzlich fest gesetzten Regeln, widerspricht grundsätzlich dem Wesen eines automatisierten Systems, das ein vorgegebenes Programm ausführt. Diese Flexibilität kann jedoch dadurch ersetzt werden, dass ein automatisiertes Fahrzeug sich in gewissen Spielräumen vorrangig dem Verkehrsfluss anpasst und sich nicht starr nach den Verkehrsregeln richtet. Während ein menschlicher Fahrer sich hier jedoch auf seine Intuition verlässt, müssen für automatisierte Fahrzeuge zumindest technisch - wenn nicht auch normativ - klare Vorgaben dahingehend gemacht werden, wann klare Verkehrsregeln und wann die Anpassung an den Verkehrsfluss Vorrang haben. Die Vorgaben des § 1 StVO sollten für hochautomatisierte Fahrzeuge mindestens insofern umgesetzt werden, als dass zulassungsrechtlich sichergestellt werden muss, dass die in automatisierten Fahrphasen ausgeübten Fahrmanöver in einer Art und Weise ausgeführt werden, dass der Umgebungsverkehr nicht durch zu forsche oder zu

defensive Fahrmanöver irritiert wird. Vielmehr ist ein Fahrverhalten zu ermitteln, das hinsichtlich der Dynamik demjenigen eines menschlichen Fahrzeugführers entspricht.

Beachtung von Verkehrszeichen

Auf Autobahnen wird die Erfüllung des ordnungsrechtlichen Rahmens des Straßenverkehrs im Wesentlichen durch Verkehrszeichen gewährleistet. Als Verkehrszeichen gelten nicht nur Straßenschilder, die beispielsweise eine Geschwindigkeitsbegrenzung oder ein Überholverbot anordnen, sondern gemäß § 39 Abs. 2, 3, und 5 StVO auch Gefahren- und Richtzeichen sowie Zusatzzeichen und Straßenmarkierungen.

Ist der Fahrer während hochautomatisierter Fahrphasen von seinen Fahraufgaben befreit, kommt er als Adressat dieser Verkehrszeichen grundsätzlich nicht mehr in Betracht. Insofern muss technisch sichergestellt sein, dass das System sämtliche Verkehrszeichen selbstständig erkennt. Dabei ist es technische Herausforderung der Hersteller mittels Bilderkennung diese Verkehrszeichen zuverlässig erkennen und unterscheiden zu können. An diese Herausforderung der Bilderkennung und -verarbeitung sind deshalb besondere Anforderungen zu stellen, weil das Fahrzeug grundsätzlich für den internationalen Verkehr zugelassen wird. Sofern das System auch im Ausland einsetzbar sein soll, muss gewährleistet werden, dass auch solche Verkehrszeichen erkannt und zugeordnet werden können, die sich in der Gestaltung von den deutschen unterscheiden beispielsweise in Bezug auf unterschiedliche Schilderformen oder Abstände von Fahrbahnmarkierungen.

Zur Vereinfachung der technischen Umsetzung des hochautomatisierten Fahrens würde sich anbieten, die mit dem Wiener Übereinkommen über Verkehrszeichen bereits angelegte Harmonisierung internationaler Verkehrszeichen weiter fortzuführen.

Sofern die Bereitstellung des Verkehrszeichens für das Fahrzeug mittels digitalisierter Straßenkarten erfolgt, muss sichergestellt werden, dass diese Karten stets auf einem aktuellen Stand vorgehalten werden und die diesbezügliche Signalübertragung zuverlässig und ausfallsicher ausgestaltet ist. Wenn das Fahrzeug ein Verkehrszeichen nicht mit der gebotenen Eindeutigkeit zuordnen oder erkennen kann, weil es bspw. verblichen oder beschädigt ist, muss es den Fahrer mit ausreichend Zeitreserve zur Steuerübernahme auffordern. Deshalb bietet es sich grundsätzlich wohl an, Verkehrszeichen sowohl über Bilderkennung als auch mittels digitaler Straßenkarten dem Fahrzeug bereitzustellen um eine doppelte Absicherung zu gewährleisten.

Öffnungsklausel

Da automatisierten Fahrzeugen die Fähigkeit zu einem Verhalten i.S.d. StVO fehlt und die StVO das Verhaltensrecht abbildet, ist die Einführung einer Entsprechungsklausel dahingehend, dass die Regeln der StVO auch für hochautomatisierte Fahrzeuge gelten, wohl nicht zielführend. In Betracht kommt jedoch die Einführung einer Öffnungsklausel dahingehend, dass der Fahrer von der Beherrschungs- und Beobachtungspflicht über Fahrzeug und Verkehr befreit ist, wenn aufgrund der zulassungsrechtlichen Normen sichergestellt ist, dass das hochautomatisierte Fahrzeugsystem in der Lage ist, die Verkehrsregeln der StVO analog einzuhalten. Insofern käme in Betracht, die Fähigkeit des Fahrzeugs zur analogen Einhaltung der grundlegenden straßenverkehrsrechtlichen Regeln in den ECE-Regelungen zu normieren und die Fähigkeit zur analogen Einhaltung ländertypischer Straßenverkehrsregeln wie Rechtsverkehr in die nationale FZV aufzunehmen.

Sind hochautomatisierte Fahrzeuge in der Lage, die Regeln der StVO wie ein menschlicher Fahrer zu befolgen, kann von der Beherrschungspflicht des Fahrers in der StVO abgerückt werden, wenn zulassungsrechtlich sichergestellt ist, dass das System in der Lage ist, die Regeln der StVO analog anzuwenden. Langfristig sollte eine internationale Harmonisierung der Verkehrsregeln und -zeichen angestrebt werden.

Nebentätigkeiten

Motivation des hochautomatisierten Fahrens ist, neben einer Erhöhung der Verkehrssicherheit, es dem Fahrer zu ermöglichen, während einer hochautomatisierten Fahrphase Nebentätigkeiten nachzugehen. Nebentätigkeiten, wie sie im Rahmen von hochautomatisiertem Fahren ermöglicht werden sollen, betreffen regelmäßig solche, bei denen die Aufmerksamkeit des Fahrers zum Großteil der Nebentätigkeit gewidmet ist und bei denen oftmals auch die Hände für fahrfremde Tätigkeiten eingesetzt werden dürfen (Schreiben von Emails, Betreiben von Computerspielen, Betrachten von Filmen etc.), denn hierdurch lässt sich der Komfort des Fahrens steigern.

Nebentätigkeiten stellen aber auch solche Tätigkeiten dar, bei denen der Fokus des Fahrers grundsätzlich weiterhin auf dem Verkehrsgeschehen liegt, jedoch nebenbei auch Tätigkeiten ausgeführt werden, die kaum, kurzfristig oder mit nur geringer Intensität vom Verkehrsgeschehen ablenken können und bei denen zumindest eine Hand oftmals am Lenkrad verbleibt (bspw. Gespräch mit dem Beifahrer, Einstellen des Rückspiegels oder der Blick in die Landschaft). Nach derzeit geltender Rechtslage sind der StVO – mit Ausnahme der Mobiltelefonbenutzung in § 23 Abs. 1a StVO – keine ausdrücklichen Verbote von Nebentätigkeiten zu entnehmen. Aufgrund der Vielzahl möglicher Nebentätigkeiten während einer Autofahrt (Trinken, Essen, Bedienung des Navigationssystems, Gespräche mit den Mitfahrern etc.) erscheint eine aufzählende Normierung verbotener – weil vom Verkehrsgeschehen ablenkender Tätigkeiten – auch nicht möglich. Jedoch ist in § 23 Abs. 1 S. 1 StVO normiert, dass der Fahrzeugführer dafür verantwortlich ist, dass seine Sicht und das Gehör nicht durch im Gesetz aufgezählte Faktoren beeinträchtigt werden dürfen. § 1 Abs. 1 StVO fordert die ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksicht bei der Teilnahme am Straßenverkehr und nach Abs. 2 hat sich jeder Verkehrsteilnehmer so zu verhalten, dass kein anderer geschädigt, gefährdet oder mehr als nach den Umständen vermeidbar behindert oder belästigt wird. Diesen Normen ist zu entnehmen, dass fahrfremde Nebentätigkeiten nur in einem solchen Umfang ausgeführt werden dürfen, wie eine gefahrensträchtige Ablenkung vom Verkehrsgeschehen und damit eine Gefährdung anderer nicht stattfindet. Verstöße gegen § 1 Abs. 2 StVO können als Ordnungswidrigkeit geahndet werden gemäß § 49 Abs. 1 S. 1 StVO. Obwohl Nebentätigkeiten daher grundsätzlich nicht ausdrücklich verboten sind, kann eine Beschäftigung mit fahrfremden Tätigkeiten negative Folgen für den Fahrer nach sich ziehen. Auch kann mit der Ausübung einer Nebentätigkeit eine Ablenkung vom Verkehrsgeschehen einhergehen, die zu straf- und zivilrechtlichen Fahrlässigkeitsvorwürfen im Schadensfall und damit zur Haftung führen kann (König 2013f, Rn. 67; König, 2013g, Rn. 14).

Nebentätigkeiten, wie sie oben beschrieben werden, bei denen die potenzielle Ablenkung nur kurzfristig oder wenig intensiv ist, stellen grundsätzlich keine Besonderheiten des hochautomatisierten Fahrens dar. Sie sind vielmehr alltäglich und auch bei der Fahrt mit konventionellen Fahrzeugen zu verzeichnen. Werden solche Nebentätigkeiten während einer hochautomatisierten Fahrphase ausgeführt und überwiegt die Hingabe des Fahrers zu dieser Nebentätigkeit so stark, dass er die im (Straßen-)Verkehr erforderliche Sorgfalt hinsichtlich der Aufmerksamkeit der Rückübernahmeaufforderung außer Acht lässt, kann dies im Schadensfall zur zivil- und/oder strafrechtlichen Verantwortung des Fahrers führen. Eine diesbezüglich mögliche Verantwortung des Herstellers betrifft im Wesentlichen die zivilrechtliche Haftung für Produktfehler. Um einer solchen Haftung während einer hochautomatisierten Fahrphase zu entgehen, muss der Hersteller sicherstellen, dass der Fahrer rechtzeitig wieder die Fahraufgabe übernehmen kann. Hinsichtlich der Aufforderung zur Rückübernahme sind grundsätzlich keine überhöhten Anforderungen zu stellen. Es dürfte regelmäßig genügen, wenn der Hersteller durch verschiedene akustische, haptische und optische Signale sicherstellt, dass der grundsätzlich redliche Fahrer die Rückübernahmeaufforderung wahrnimmt. Soweit der Fahrer die Möglichkeiten des hochautomatisierten Fahrsystems missbraucht (er bspw. den Fahrersitz verlässt und so nicht mehr zugänglich für Vibrationen im Sitz ist), ist der

Hersteller im Schadensfall regelmäßig von der Haftung befreit (vgl. vertiefend zu den Voraussetzungen der Haftung für Produktfehler Kapitel 5.2.1.2 und den Anhang). Während hochautomatisierter Fahrphasen soll dem Fahrer jedoch auch die rechtssichere Möglichkeit der Ausübung von solchen Nebentätigkeiten gegeben werden, die den Fokus in intensiverer Weise vom Fahrgeschehen nehmen und so die im Verkehr erforderliche Sorgfalt des Fahrers reduzieren, ohne dass er sich durch die dem Zulassungsrecht genügende Gestattung der Ausübung und Aufforderung der Beendigung solcher Nebentätigkeiten durch das Fahrzeug in die Gefahr begibt, sich ordnungswidrig zu verhalten oder haftbar gemacht werden zu können. Vor diesem Hintergrund erscheint es notwendig, zukünftig grundsätzlich gestattete Nebentätigkeiten während hochautomatisierter Fahrphasen positivrechtlich zu normieren. (Für die Haftungssituation des Herstellers, insb. in Hinblick auf Instruktions- und Konstruktionspflichten, vgl. Kapitel 5.2.1.2 und den Anhang)
Grundvoraussetzung für zumindest händische Nebentätigkeiten ist, dass der Fahrer während hochautomatisierten Phasen die Hände vom Lenkrad nehmen darf.

Freihändiges Fahren

Für einspurige Fahrzeuge ist in § 23 Abs. 3 Satz 2 StVO die Verpflichtung geregelt, nicht freihändig zu fahren. Eine direkte Anordnung beidhändiger Lenkung zweispuriger Fahrzeuge ist der StVO unmittelbar nicht zu entnehmen. Die Pflichtwidrigkeit des freihändig fahrenden Fahrzeugführers eines konventionellen („driver only“) mehrspurigen Fahrzeugs wird allerdings aus § 1 Abs. 1 StVO abgeleitet. Ein Verstoß gegen das Gebot ständiger Rücksicht liegt hierbei darin, nicht beidhändig zu lenken und somit notwendige Lenkbewegungen nicht sicher ausführen zu können. Im Fall einer hochautomatischen Fahrzeugführung kann jedoch unterstellt werden, dass das System sämtliche Störungen, die auf Umweltbedingungen¹⁰⁷ beruhen, ausgleicht. Damit ist technisch zur Stabilisierung des Fahrzeuges keine beidhändige Lenkung durch den Fahrzeugführer erforderlich. Eine Pflicht zur beidhändigen Lenkung hochautomatisierter Fahrzeuge kann der StVO daher nicht entnommen werden.

Umfang und Art von Nebentätigkeiten

Von großem Interesse ist die Frage, welche Arten und welcher Umfang von Nebentätigkeiten dem Fahrer eines hochautomatisierten Fahrzeugs gestattet werden können. Mögliche Nebentätigkeiten sind von einem starken Abhängigkeitsverhältnis zum Übernahmezeitraum geprägt. So ist zur Beantwortung dieser Frage insbesondere der Zeitraum relevant, welchen es für die Übergabe der Fahraufgaben vom System auf den menschlichen Fahrer bedarf. Letztlich wird dieser durch zwei wesentliche Faktoren determiniert. Zum einen ist das die Zeitspanne, die ein Fahrer minimal benötigt, um aus der Nebentätigkeit heraus das Verkehrsgeschehen wieder sicher wahrzunehmen und zu erfassen. Dabei sind Faktoren wie Blickwinkel, Gewöhnungsdauer der Augen an veränderte Lichtverhältnisse und Komplexität der Verkehrssituation entscheidend. Zum anderen ist das die Zeitspanne, die das System dem Fahrer maximal zur Verfügung stellen kann. Dabei sind entscheidende Faktoren die sensorbedingte „Sichtweite“ des Systems in Verbindung mit der gefahrenen Geschwindigkeit und die Antizipierungsmöglichkeit des Systems hinsichtlich des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer.

Definitionsgemäß gehört es zum hochautomatisierten Fahren, dass der Fahrer während hochautomatisierten Fahrphasen das Fahrgeschehen und die Fahrzeugumgebung nicht mehr zu beobachten braucht (Arzt, C. et al. 2012, S. 9, 12). Diesem Konzept scheint ein Verbot oder eine Begrenzung der Nebentätigkeiten zunächst zu widersprechen. Allerdings obliegt es dem Fahrer, sich für die Übernahmeaufforderung durch das

¹⁰⁷ Gemeint sind hier z.B. Unebenheiten auf der Fahrbahnoberfläche oder Seitenwind.

System bereit zu halten. Um gewährleisten zu können, dass der Fahrer dann auch tatsächlich in der Lage ist, der Übernahmeaufforderung rechtzeitig nachzukommen, ist es notwendig, die mögliche Vielfalt von Nebentätigkeiten rechtlich zu begrenzen. Kernpunkt der Überlegung ist dabei, dass die Sicherheit des Straßenverkehrs in hochautomatisierten Phasen und in der Übergabephase auf den menschlichen Fahrzeugführer stets gewährleistet bleibt.

Es kommen grundsätzlich zwei verschiedene Arten von Nebentätigkeiten in Betracht. Dies ist zum einen eine Beschäftigung, die losgelöst vom Fahrzeugangebot gestattet wird wie beispielsweise Zeitunglesen, Telefonieren mit dem fahrzeugunabhängigen Mobiltelefon oder das Arbeiten am (Tablet-)Computer. Davon zu unterscheiden sind die Nebentätigkeitsangebote, die im Fahrzeug selbst angelegt sind wie beispielsweise das Lesen und Bearbeiten von Texten über das interne Fahrzeugdisplay oder das Betrachten eines Videos über das fahrzeuginterne Multimediaangebot. Der Kernunterschied zwischen diesen beiden Beschäftigungsarten liegt darin, dass der Fahrzeughersteller bei letzterem unmittelbar Einfluss auf das Nebentätigkeitsangebot nehmen kann, indem das Angebot erst aktiviert wird, wenn hochautomatisiertes Fahren für den Straßenabschnitt freigegeben ist und deaktiviert wird, wenn der Fahrer zur Steuerrückübernahme aufgefordert werden soll. Daneben kann durch eine derart begrenzte Art der verfügbaren Nebentätigkeiten das Aufmerksamkeits- und Blickfeld des Fahrzeugführers gezielt auf solche Displays gelenkt werden, die sich in einem günstigen Sichtfeld befinden wie dies beispielsweise bei einem Headup-Display der Fall ist. Hierdurch kann gewährleistet werden, dass Haltungs- oder Blickrichtungsänderungen des Fahrers minimiert werden und so ein schneller Wechsel der Fahraufgaben zwischen Fahrzeug und Fahrer möglich ist. Über eine Regulierung in den ECE-Regelungen dahingehend, dass Beschäftigungsangebote erst nach Freigabe geeigneter Strecken gestattet werden dürfen und abrupt beendet werden müssen, wenn eine Rückübernahmeaufforderung erfolgt, kann so auch von staatlicher Seite Einfluss auf die Art der Nebentätigkeit genommen werden. Es kommt auch in Betracht, fahrzeugherstellerfremde Technik zur Nutzung von Nebentätigkeiten zu gestatten, wenn durch technische Koppelung (Integration) der Fahrzeugsoftware mit dem Gerät sichergestellt ist, dass der Fahrzeughersteller den Einfluss auf Abschaltung bzw. Aufspielen von Warnungen erhält und so die Aufmerksamkeit des Nutzers gezielt auf die Straße lenken kann. Verhaltensrechtlich könnte in der StVO normiert werden, dass beim Betrieb hochautomatisierter Fahrzeuge nur solche Nebentätigkeiten gestattet sind, die fahrzeugeitig im Einklang mit den ECE-Regelungen verbaut und angeboten werden.

Dagegen ist bei gänzlich fahrzeuglosgelösten Nebentätigkeiten eine Einflussnahme auf die Beendigung der Nebentätigkeiten nur bedingt bspw. mittels akustischem oder haptischem Signal möglich, was wiederum die Gefahr birgt, dass der Fahrer trotz eines solchen Signals zur Beendigung der Nebentätigkeit weiter in dieser vertieft bleibt. Daneben würde die Normierung einer „offenen“ Nebentätigkeitserlaubnis die Gefahr der gesetzlichen Unbestimmtheit bergen. So wäre es in einer solchen fahrzeugunabhängigen Nebentätigkeitserlaubnis fast unmöglich zu regeln, welche konkrete Nebentätigkeit zur Gefährdung des Straßenverkehrs führen kann und welche nicht. Beispielsweise besteht Gefahr durch die Verdeckung des Lenkrads durch zu große und unhandliche Zeitungen oder einen auf dem Schoß abgestellten Laptop, der den schnellen Zugriff auf das Lenkrad behindert. Insgesamt ist die Gestattung von Nebentätigkeiten, welche die Verwendung eines Gegenstandes voraussetzen, als problematisch einzustufen, denn die Ermittlung des nötigen Übernahmezeitraums wäre stark von der Größe, Form, Handhabbarkeit und Ablagemöglichkeit des Gegenstandes abhängig, was eine Kalkulierbarkeit dieses Zeitraumes erschwert und so zu verkehrlichen Risiken führen kann. Hinzu kommen die Gefahren, die von einem aufgrund der Übernahmeaufforderung möglicherweise hastig und unsachgemäß verstaute oder abgelegten Gegenstand ausgehen können. Wollte man diese unkalkulierbarkeit eindämmen, käme hierfür wohl nur eine gesetzliche Aufzählung erlaubter Tätigkeiten und Gegenstände in Betracht, welche handlich und schnell

wegzulegen sind. Aufgrund der unüberschaubaren Vielzahl von Gegenständen, mit welchen eine Beschäftigung möglich ist, kann eine abschließende gesetzliche Aufzählung jedoch nicht erfolgen. Die gesetzliche Formulierung der einer Generalklausel ähnelnden Erlaubnis solcher Gegenstände, die auf die Straßenverkehrssicherheit keinen negativen Einfluss haben, wäre zwar möglich, würde jedoch zu einem derart unbestimmten Gesetzestatbestand führen, dass eine staatliche Beherrschung und Ahndung bei Fehlverhalten nur über eine sich zu entwickelnde Einzelfallrechtsprechung erfolgen kann. In einem solch sensiblen Bereich wie der Straßenverkehrssicherheit ist ein solches verordnungs- bzw. gesetzgeberisches Vorgehen unzweckmäßig und kann zu Rechtsunsicherheiten bei der Ausübung von Nebentätigkeiten führen.

Unter diesen Gesichtspunkten ist eine Gestattung fahrzeugintegriert angebotener und in den ECE-Regelungen auf einem höheren Aggregationslevel normierter Nebentätigkeiten der Vorzug zu geben.

Der Umfang der Nebentätigkeiten, also die Frage danach, für welche Dauer eine Nebentätigkeit ausgeführt werden darf und wie komplex diese sein darf, hängt unmittelbar mit der Dauer der notwendigen Übergabezeit zusammen. Je größer der zur Verfügung gestellte Zeitraum zur Übernahme der Fahraufgaben durch den Fahrer ist, desto umfangreichere und komplexere Nebentätigkeiten sind möglich. Kann aufgrund einer langsamen Forschungsentwicklung nur ein kurzer Zeitraum für die Steuerrückübernahme bereitgestellt werden, sind wenig komplexe Aufgaben zulässig, wie beispielsweise das reine Betrachten eines Videos oder das Lesen eines Textes. Ist der Zeitraum länger und hat der Fahrer hierdurch mehr Zeit, sich von der Nebentätigkeit abzuwenden und sich einen Überblick über das Verkehrsgeschehen zu verschaffen, können auch komplexere Tätigkeiten wie bspw. das Bearbeiten von Texten oder das Spielen mit Unterhaltungselektronik zugelassen werden, bei denen die Nutzung des menschlichen Bewegungsapparates zur Ausführung der Tätigkeit notwendig ist.

Welcher Zeitraum exakt zu gewährleisten und ergonomisch erforderlich ist, ist bis heute noch Gegenstand der Forschung. Derzeit hat man sich in der Literatur weitestgehend auf die Dauer von 8,8 Sekunden von Petermann-Stock geeinigt (Petermann-Stock et al. 2013).

Hierbei erscheint es möglich, auf Grundlage verhaltenspsychologischer Studien den zeitlichen Minimalbedarf für die Erfassung des Verkehrsgeschehens zu ermitteln. Der Fahrer darf dabei jedoch nicht mit durchschnittlichen oder gar besten Determinierungsvoraussetzungen zu Grunde gelegt werden, sondern es muss der Maßstab eines „schwachen“ Fahrers angelegt werden. Wird hierdurch eine verlässliche minimale Zeitspanne ermittelt, könnte diese als Zulassungsvoraussetzung im Rahmen der ECE-Regelungen aufgenommen werden.

Zwischenergebnis Nebentätigkeiten

Soweit der technische Fortschritt insbesondere im Hinblick auf Ausfallsicherheit und die Dauer des Übergabezeitraums die Sicherheit des Straßenverkehrs zu gewährleisten vermag, können Nebentätigkeiten die den Fokus des Fahrers vom Verkehrsgeschehen nehmen, während hochautomatisierter Fahrphasen zugelassen werden. Es gilt diese jedoch auf fahrzeugintegrierte Angebote zu beschränken, um hierdurch den Einfluss auf den Fahrer nicht gänzlich aufgeben zu müssen und um dem Vorwurf einer zu unbestimmten Erlaubnisnorm zuvorzukommen.

Nebentätigkeiten während hochautomatisierten Fahrphasen, die die Aufmerksamkeit des Fahrers vom Verkehrsgeschehen nehmen, können gestattet werden, wenn:

- es sich um fahrzeugintegriert angebotene Nebentätigkeiten handelt.
- die Ausfallsicherheit gewährleistet ist.
- vom Hersteller sichergestellt werden kann, dass der Fahrer ausreichend Zeit erhält, um sich des Verkehrsgeschehens bewusst zu werden und die Fahrzeugsteuerung zu übernehmen.

5.1.4.3 Verfassungsrechtliche Grenzen der Änderungsmöglichkeiten

Hochautomatisierte Fahrzeuge werfen neben gesetzlichen und überstaatlichen Rechtsfragen auch solche des Verfassungsrechts, im speziellen der Grundrechte auf. Deren Erörterung widmet sich der folgende Abschnitt. So hat gemäß Art. 2 Abs. 2 S. 1 GG jeder das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit. Es besteht die Möglichkeit, dass diese Schutzgüter durch die Einführung gefahrenträchtiger Zukunftstechnologien gefährdet werden. Der Staat kann sich wegen der grundgesetzlichen Bestimmungen nicht aus einer Reglementierung solcher Technologien heraushalten, sondern ist verpflichtet, die Rechtsgüter derjenigen zu schützen, die in Kontakt mit dieser Technologie kommen. Im Rahmen von hochautomatisierten Fahrzeugen handelt es sich jedoch nicht um die Schaffung einer gänzlich neuen Technologie, vielmehr sind Fahrzeugautomatisierungssysteme dadurch gekennzeichnet, dass sie die Fortentwicklung einer bereits bestehenden Technologie, nämlich jener des automobilen Straßenverkehrs darstellen. Insofern ist es sachdienlich, auf den Rahmen der Schutzpflicht des Staates zunächst im Bereich des konventionellen Straßenverkehrs einzugehen, um einen verfassungsrechtlichen Rahmen für die darauf aufbauende hochautomatisierte Technologie entwickeln zu können. Erst wenn dieser verfassungsrechtliche Schutz in einem hinreichenden Maße gewährleistet ist, darf der Staat hochautomatisierte Fahrsysteme zulassen. Dies umfasst auch die Mitwirkung zur Änderung und Anerkennung der ECE-Regelungen.

Schutzpflicht des Staates

Zunächst soll die Schutzpflicht des Staates im Gesamtgefüge der Grundrechte dargestellt werden, bevor auf deren Reichweite und Umfang eingegangen wird.

Herleitung der Schutzpflicht

Historisch gesehen sind die Grundrechte als Abwehrrechte gegen den Staat konzipiert. Dies hat seinen Hintergrund im Gewaltmonopol des Staates, das ihn zum Alleininhaber legitimer Gewalt macht. Der Staat kann durch seine Organe die Einhaltung seiner Gesetze und Verfügungen auch mittels körperlicher Gewalt durchsetzen und ist befugt, erforderlichenfalls auch in die persönliche Sphäre des Bürgers einzugreifen. Zur Ordnung dieser Gewalt und Begrenzung staatlicher Willkür wurden den Bürgern Grundrechte zur Seite gestellt, die in Form rechtlicher Vorkehrungen vor freiheitseinschränkenden Maßnahmen schützen sollen (Schmidt, 2007, Rn. 10). Das moderne Verständnis der Grundrechte beschränkt sich aber nicht auf die Abwehr staatlichen Handelns, sondern schafft Anspruchsgrundlagen, die dem Bürger die Teilhabe im wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Bereich ermöglichen. Auch beschränkt sich das Verständnis der Grundrechte nicht mehr ausschließlich auf das Herrschaftsverhältnis zwischen Staat und Bürger, sondern kann als „objektiv-rechtlicher Gehalt der Grundrechte“ auch Einfluss auf den Inhalt des Bürger-Bürger-Verhältnisses gewinnen (Klein, E. 1989, S. 1633). Je größer die Freiheit der Bürger ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass durch die Handlung einzelner Bürger die Schutzgüter der Grundrechte anderer Bürger beeinträchtigt werden. Vor diesem Hintergrund hat das

Bundesverfassungsgericht aus den Grundrechten als „objektive Wertentscheidungen“ abgeleitet, dass der Staat verpflichtet ist, den Einzelnen gegen Eingriffe in die grundrechtlichen Schutzgüter durch Dritte zu schützen (BVerfGE 39, 1, (41f.); BVerfGE 49, 89, (141ff.); BVerfGE 53, 30, (57)). Dieser objektivrechtlichen Pflicht zum Schutz entspricht ein subjektiver Anspruch auf Schutz. Verletzt der Staat daher seine Schutzpflicht, so verletzt er grundsätzlich auch das betreffende subjektive Grundrecht (Murswiek 2011, Rn.24 m.w.N.).

Reichweite der Schutzpflicht

Bei der grundrechtlichen Schutzpflicht geht es um die rechtliche Gebotenheit staatlichen Verhaltens angesichts einer möglichen Verletzung und Gefährdung grundrechtlich geschützter Rechtsgüter wie Leben, Gesundheit, Freiheit, Eigentum etc. Hinsichtlich des konventionellen Straßenverkehrs ist vor dem Hintergrund der Anzahl der Verkehrstoten und -verletzten diese Schutzpflicht berührt. So fanden im Jahr 2014 auf deutschen Straßen 3.368 Menschen den Tod (Statista 2015b).

Dabei ist zu beachten, dass es im konventionellen Straßenverkehr nicht mit Sicherheit zu rechtswidrigen Eingriffen durch Fehlverhalten von Verkehrsteilnehmern kommen muss. Vielmehr ist diese Rechtsgutverletzung nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in Form eines Risikos behaftet, dass andere Verkehrsteilnehmer im engeren Sinne (Kfz-Fahrer und Insassen) oder Fußgänger zu Schaden kommen können. Der Straßenverkehr setzt sich zum einen, im Gegensatz zu einzelnen gefahrträchtigen Anlagen wie bspw. Atomkraftwerken, aus einer Vielzahl individueller Verhaltensweisen der einzelnen Verkehrsteilnehmer zusammen. Die Gefährdung der Grundrechte durch andere Private erfolgt in gleichartigen Einzelfällen, die insgesamt zu einer statistisch erfassbaren Gesamtgefährlichkeit zusammengefasst werden können. Eine Schutzpflicht erstreckt sich deshalb auch auf den gesamten Straßenverkehr und ist nicht auf einzelne Handlungen individueller Verkehrsteilnehmer beschränkt (Eggstein 1995, S. 165). Der Staat ist auch zur Risikovorsorge verpflichtet und nicht nur angehalten, Maßnahmen zum Schutz vor Rechtsgutsverletzungen zu treffen (BVerfGE 49, 89, Rn. 141ff.).

Im Zusammenhang mit dem Mindestmaß der Schutzverpflichtung des Staates wird das Untermaßverbot genannt. Maßnahmen, die hinter diesem Mindestmaß zurückbleiben, sind mit der Verfassung nicht zu vereinbaren und einer Kontrolle durch das BVerfG zugänglich. Die Reichweite dieses Untermaßverbots umschreibt das BVerfG wie folgt: „ ... Notwendig ist ein – unter Berücksichtigung entgegenstehender Rechtsgüter - angemessener Schutz; entscheidend ist, daß er als solcher wirksam ist. Die Vorkehrungen, die der Gesetzgeber trifft, müssen für einen angemessenen und wirksamen Schutz ausreichend sein und zudem auf sorgfältigen Tatsachenermittlungen und vertretbaren Einschätzungen beruhen“ (BVerfGE 88, 203, Rn. 254).

Umfang der Schutzpflicht

Dass die Schutzpflicht des Staates nicht grenzenlos gewährleistet wird, ist anhand der tatsächlichen Realisierung der Gefahren des konventionellen Straßenverkehrs ersichtlich. So müsste der Gesetzgeber zum absoluten Schutz des Lebens und der körperlichen Unversehrtheit den Straßenverkehr völlig verbieten. Dass diese Schutzpflicht nicht absoluter Natur ist, ergibt sich auch aus dem Umstand, dass Art. 2 Abs. 2 S. 1 GG unter einfachem Gesetzesvorbehalt steht. Da der Frage, in welchem Umfang die Schutzpflicht durch Maßnahmen zu gewährleisten ist, nicht mit der einen, absoluten Antwort zu begegnen ist, ist dem Gesetzgeber ein Gestaltungsspielraum eröffnet, der vom BVerfG nur eingeschränkt überprüfbar ist (BVerfGE 79, 174, Rn. 202).

Eine gängige Möglichkeit des Staates, seiner Schutzpflicht nachzukommen, ist der Erlass entsprechender materieller Vorschriften und die Bereitstellung geeigneter Genehmigungsverfahren. Weiterhin wird gefordert, dass der Staat, um seiner Schutzpflicht zu genügen, im Bedarfsfall eine der technischen Entwicklung angepasste, dynamische Nachbesserung der einmal getroffenen rechtlichen Regelung vornimmt (BVerfGE 56, 54, Rn. 78ff., 81). Dies gilt umso mehr, da der Staat durch Schaffung und

Unterhaltung der Gefahrenquelle zum Entstehen der Gefahr oder des Risikos beiträgt. Durch die Zulassung und Reglementierung des Straßenverkehrs übernimmt der Staat seinerseits eine eigene Mitverantwortung für die Schäden, die sich daraus entwickeln.¹⁰⁸

Im Bereich des konventionellen Straßenverkehrs hat der Gesetzgeber ein Schutzkonzept dahingehend aufgestellt, dass in der StVO die geltenden Verkehrsregeln festgelegt werden, deren Kenntnis jeder, der am Straßenverkehr im engeren Sinne (Kfz-Fahrer) teilnehmen möchte, durch das Bestehen einer theoretischen und praktischen Fahrprüfung nachweisen muss. Die Einhaltung der Anforderungen an die technische Betriebssicherheit der Fahrzeuge wird durch das Zulassungsverfahren und die regelmäßige Überprüfung der Vorschriftsmäßigkeit im Rahmen der umgangssprachlich auch als „TÜV“ bezeichneten Hauptuntersuchung sichergestellt. Dieses Schutzkonzept gewährleistet jedoch – die Anzahl der jährlichen Verkehrstoten vor Augen – nicht annähernd einen absoluten Schutz des Lebens und der körperlichen Unversehrtheit. Eine absolute Sicherheit ist aber weder erreichbar, noch überhaupt wünschenswert, weil sie nur zum Preis des Verzichts auf grundrechtliche Freiheiten erreichbar wäre (Eggstein 1995, S. 166f.). Zu diesem sog. „Restrisiko“ im Rahmen des Betriebs von Kernkraftwerken hat das BVerfG wie folgt ausgeführt:

„Vom Gesetzgeber im Hinblick auf seine Schutzpflicht eine Regelung zu fordern, die mit absoluter Sicherheit Grundrechtsgefährdungen ausschließt, die aus der Zulassung technischer Anlagen und ihrem Betrieb möglicherweise entstehen können, hieße die Grenzen menschlichen Erkenntnisvermögens zu verkennen und würde weithin jede staatliche Zulassung der Nutzung von Technik verbannen. Für die Gestaltung der Sozialordnung muß es insoweit bei Abschätzungen anhand praktischer Vernunft bewenden. Ungewißheiten jenseits dieser Schwelle praktischer Vernunft sind unentrinnbar und insofern als sozialadäquate Lasten von allen Bürgern zu tragen“ (BVerfGE 49, 89, Leitsatz 6).

Es ist fraglich, ob die Verwirklichung der Gefahren des Straßenverkehrs als ein solches Restrisiko angesehen werden können. Hiergegen sprechen deutlich die im Vergleich zur zivilen Nutzung der Kernkraft häufig (beinahe täglich) auftretenden Schadensfälle. Die Gefahren des Straßenverkehrs werden dem Bürger regelmäßig vor Augen geführt, sei es durch das Erleben von Unfällen, gefahrträchtiger Situationen („Beinaheunfälle“) oder Meldungen in Presse und Fernsehen. Bei den Gefahren des Straßenverkehrs handelt es sich folglich nicht bloß um Restrisiken, deren Eintrittswahrscheinlichkeit nur theoretisch abgeschätzt werden kann, sondern um solche Risiken, deren Realisierung - statistisch gesehen - mit Sicherheit eintreten wird. Nimmt man die Besonderheiten des Straßenverkehrs in den Blick, erscheint ein derartiger Vergleich mit der Risikoqualität eines Kernkraftwerks jedoch nicht zielführend.

So ist ein Großteil der deutschen Bürger gemeinsam mit dem Straßenverkehr aufgewachsen, hat dessen Entwicklung erfahren und sieht ihn als Bereicherung oder zumindest als notwendiges Übel an. An die Risiken des Straßenverkehrs wird von Kindesalter an in Initiativen der Verkehrserziehung herangeführt, um insbesondere in Städten ein sicheres Leben gemeinsam mit dem Straßenverkehr zu ermöglichen. Aufgrund dieser entwicklungsgeschichtlichen und kulturellen Gegebenheiten, der weitgehenden Akzeptanz sowie der Allgegenwärtigkeit des Straßenverkehrs ist eine Gleichstellung der Schutzpflichten vor den Gefahren des Straßenverkehrs mit denen vor ziviler Kernkraftnutzung mit Beschränkung auf das geringstmögliche Restrisiko nicht angemessen.

Daher kann hinsichtlich der Gefahren, welche vom Straßenverkehr ausgehen, die Schutzpflicht des Staates nicht als *Gefahrenausschluss* verstanden werden, sondern

¹⁰⁸ So das BVerfG zu genehmigten Kernkraftwerken (BVerfGE 53, 30, S. 57 f., 65 ff.); und zu genehmigten Flügen, die schädlichen Lärm verursachen können (BVerfGE 56, 54, S. 78 ff., 81).

muss als Pflicht zur Gefahren*minimierung* aufgefasst werden. Welcher Grad der Gefahrenminimierung von der Verfassung gefordert wird, unterliegt dabei einer Abwägung der verschiedenen betroffenen Grundrechte und dem gesellschaftlichen Wandel.

Dass der gesellschaftliche Wandel für die Frage nach der Qualität des hinnehmbaren Risikos eine Rolle spielt, zeigt sich insbesondere an der Entscheidung über den Ausstieg aus der nuklearen Energieerzeugung nach den Ereignissen von Fukushima. Durch die Katastrophe in Japan hat sich das Risiko der Schädigungen durch zivile Nutzung nuklearer Energie nicht erhöht, das sogenannte Restrisiko hat sich vielmehr lediglich realisiert.

Im Rahmen der Abwägung der sich gegenüberstehenden Grundrechte ist auf der einen Seite die besagte Schutzpflicht des Staates aus Art. 2 Abs. 2 S. 1 GG zu nennen. Auf der anderen Seite die allgemeine Handlungsfreiheit aus Art. 2 Abs. 1 GG, die für die Mobilität der Bürger hinsichtlich einer angemessenen Reisezeit und damit Reisegeschwindigkeit einsteht.¹⁰⁹

Eine vertiefte Auseinandersetzung dieser Abwägung kann im Rahmen dieses Gutachtens nicht erbracht werden und muss der weiteren Diskussion in der rechtswissenschaftlichen Literatur überlassen werden. Aufgrund der allgemeinen Akzeptanz¹¹⁰ des konventionellen Straßenverkehrs in der Gesellschaft und des oben benannten Schutzkonzepts des Staates, das sich für eine Minimierung des Risikos einsetzt und dabei auch erfolgreich¹¹¹ ist, ist die Verfassungsmäßigkeit des konventionellen Straßenverkehrs jedoch kaum in Zweifel zu ziehen (Eggstein, 1995, S. 161ff.)

Schutzrahmen für hochautomatisierte Fahrzeuge

Dem hochautomatisiertem Fahren wird ein hoher Gewinn an Komfort, Straßenverkehrssicherheit und Wertschöpfungspotenzial in Deutschland zugesprochen. Dem gegenüber steht ein gesellschaftliches Misstrauen, den Straßenverkehr weitestgehend einem System zu überlassen und es werden Befürchtungen geäußert, die Sicherheit des Straßenverkehrs könne durch das Fehlen der menschlichen Intuition, Empathie und ethischer Grundwerte in Mitleidenschaft gezogen werden. Ob dieses Misstrauen gegenüber der Technik gerechtfertigt ist, kann ex ante nicht beurteilt werden. Vielmehr ist es kennzeichnend für Zukunftstechnologien, dass die Abschätzung von Nutzen und Risiko mit einer erheblichen Prognoseunsicherheit behaftet ist.

Eine genaue verfassungsrechtliche Grenze, ab welchem technischen Sicherheitsgrad die Zulassung eines hochautomatisierten Fahrzeugsystems gegen das Untermaßverbot verstößt und damit verfassungswidrig ist, kann aus diesem Grunde nicht gezogen werden. Jedoch kann der Rahmen der staatlichen Schutzpflicht umrissen werden, in dem die vom Bundesverfassungsgericht aufgestellten Anforderungen an das Schutzniveau Beachtung finden. Dabei sollten aufgrund der möglichen Irreparabilität des Schadens und der teilweisen Unbeherrschbarkeit eines möglichen Grundrechtseingriffs durch die Verwicklung eines hochautomatisierten Fahrzeugs in einen Unfall hohe Anforderungen an dieses Schutzniveau gestellt werden. So muss zum einen die Einhaltung der Genehmigungs-, Bau- und Prüfvorschriften der ECE-Regelungen sichergestellt werden. Ferner müssen hochautomatisierte Fahrzeuge, sollen sie dem Zwecke der Erhöhung der Verkehrssicherheit dienen, diesem Ziel auch

¹⁰⁹ Teilweise wird sogar von einem Grundrecht auf Mobilität gesprochen (Ronellenfitsch 1992, S. 321ff.).

¹¹⁰ Mit Ausnahme der Diskussion über die Einführung eines generellen Tempolimits auf deutschen Autobahnen.

¹¹¹ So ist die Anzahl der Verkehrstoten auf deutschen Straßen kontinuierlich zurückgegangen. Im Jahr 1991 starben noch 11.300 Menschen, im Jahr 2014 dagegen 3.368 (Statista 2015b).

nachzukommen können. Welcher Grad der Erhöhung an Verkehrssicherheit dabei gefordert werden muss, kann aus rechtswissenschaftlicher Sicht nicht abschließend bestimmt werden und hängt erheblich vom gesellschaftlichen und politischen Willen ab. Unablässig ist jedoch die Erforschung der noch ungefestigten Tatsachengrundlagen. So muss vor der Einführung hochautomatisierter Fahrzeuge, die eine Nebentätigkeit erlauben, der erforderliche Zeitraum für die Rückübernahme des Steuers durch verhaltenspsychologische Untersuchungen ermittelt und im Rahmen von konservativ ausgeführten Tests verifiziert werden.

Grenzen des Schutzrahmens

Eine Grenze des Untermaßverbots ist jedoch erreicht, wenn der Gesetzgeber zulassungsrechtliche Maßnahmen über Gegenstände trifft, die seiner Entscheidungskompetenz verfassungsrechtlich nicht zugänglich sind. Angesprochen ist hier die Zulassung einer Ausstattung und Benutzung von Maschinen mit künstlicher Intelligenz, die in der Lage ist, weitreichende Entscheidungen selbständig zu treffen. Hochautomatisierte Fahrzeuge, wie sie Gegenstand im Berichtszeitraum sind, werden jedoch solche Entscheidungen voraussichtlich nicht treffen. Vielmehr erkennen sie definitionsgemäß ihre Systemgrenzen und übergeben rechtzeitig die Fahraufgaben wieder an den Fahrer.

Exkurs Dilemma-Situation:

Es ist vorstellbar, dass ein Fahrzeug in Zukunft bei Erreichen von Systemgrenzen dem Fahrer die Steuerung nicht mehr rückübergeben muss, sondern in allen denkbaren Fahrsituationen Wahrscheinlichkeiten und Alternativen so berechnen kann, dass es einer Entscheidung fähig ist ähnlich des Menschen.

Sind die Umwelt- und Straßenbedingungen jedoch derart, dass eine solche Entscheidung nicht zu einer Vermeidung von Schäden an Rechtsgütern anderer führen wird, sondern nur eine Entscheidung zwischen der Verletzung des Rechtsguts des einen oder eines anderen möglich ist, muss das System sich für eine Alternative „entscheiden“ (Dilemma-Situation). Dabei handelt es sich jedoch nicht um eine Entscheidung, wie sie dem Menschen möglich ist, sondern um die Ausführung eines im System angelegten Rechenalgorithmus. Insofern muss die Computersoftware schon im Voraus von Programmierern dahingehend gepolt werden, welches Rechtsgut das Fahrzeug in einer bestimmten Situation verletzen wird. Handelt es sich dabei um gleichwertige Rechtsgüter, wie beispielsweise das Leben zweier Menschen, sind neben der ethisch-moralischen Frage auch die Schutzpflicht des Staates und die Menschenwürde berührt.

Durch die gesetzliche Zulassung solcher Systeme bzw. durch den Versuch, die Dilemma-Situation gesetzlich zu regeln, würde der Staat durch die Hand des Programmierers in bestimmten Situationen voraussichtlich nicht umhin kommen, die Wertigkeit des Lebens seiner Bürger abzuwägen und sie so zu Objekten machen. Eine solche Behandlung scheint mit der Verfassung nicht in Einklang zu stehen. So hat das BVerfG in seinem Urteil zum Luftsicherheitsgesetz dessen § 14 Abs. 3 für nichtig erklärt. Durch diese Norm wurden Streitkräfte der Bundeswehr ermächtigt, bspw. ein durch Terroristen entführtes und mit unbeteiligten Passagieren besetztes Flugzeug zur Verhinderung eines besonders schweren Unglücksfalls – insbesondere wenn dieses Flugzeug gegen das Leben von Menschen eingesetzt werden sollte – abzuschießen, selbst wenn festgestanden hätte, dass die unbeteiligten Passagiere ohnehin den sicheren Tod gefunden hätten.

Das BVerfG führt wie folgt aus:

„Die einem solchen Einsatz ausgesetzten Passagiere und Besatzungsmitglieder befinden sich in einer für sie ausweglosen Lage. Sie können ihre Lebensumstände nicht mehr unabhängig von anderen selbstbestimmt beeinflussen. Dies macht sie zum Objekt nicht nur der Täter. Auch der Staat, der in einer solchen Situation zur Abwehrmaßnahme des § 14 Absatz 3 greift, behandelt sie als bloße Objekte seiner Rettungsaktion zum Schutze anderer. Eine solche Behandlung missachtet die Betroffenen als Subjekte mit

Würde und unveräußerlichen Rechten. Sie werden dadurch, dass ihre Tötung als Mittel zur Rettung anderer benutzt wird, verdinglicht und zugleich entrechtlicht; indem über ihr Leben von Staats wegen einseitig verfügt wird, wird den als Opfern selbst schutzbedürftigen Flugzeuginsassen der Wert abgesprochen, der dem Menschen um seiner selbst willen zukommt.“ (BVerfG, 15.02.2006 – 1 BvR 357/05)

Demnach ist es höchst zweifelhaft, ob die Zulassung eines Systems, das zur Rettung des Lebens einer Person die Tötung einer anderen in Kauf nimmt, der verfassungsrechtlichen Kontrolle standhalten wird. Ob eine Dilemma-Situation dieser Schärfe für Fahrzeugsysteme höherer Automatisierungsstufe tatsächlich zu lösen ist, hängt stark von der technischen Entwicklung und der Ausgestaltung des Systems im Einzelfall ab. Diese Dilemma-Situation ist jedoch – wie erläutert – mit den Mitteln des Rechts nicht zufriedenstellend aufzulösen und muss daher in jedem Fall vermieden werden. Denkbar wäre es beispielsweise, vollautomatisierte Systeme nur für einen niedrigen Geschwindigkeitsbereich zuzulassen, in dem in nahezu jeder denkbaren Situation noch ein sicheres Bremsen möglich ist oder es zumindest nicht auf die geschilderte Abwägung hinauslaufen kann. Für höhere Geschwindigkeitsbereiche könnte auf teil- oder hochautomatisierte Systeme gesetzt werden, bei denen ethische Wertentscheidungen, wie die geschilderte, immer durch einen freiverantwortlich handelnden Menschen getroffen werden müssen.

Exkursende

Zusammenfassung Schutzpflicht des Staates

Bei gefahrträchtigen Zukunftstechnologien liegt die Kernfrage der Zulässigkeit derselben nicht im einfachgesetzlichen Recht, sondern in der Verfassung selbst. Es muss zum Schutz der Bevölkerung ein Mindestmaß an Sicherheit vor der Gefahr technischer Ausfälle gewährleistet werden. Hinsichtlich der Ermittlung dieses Mindestmaßes (=Untermaß) bedarf es noch weiterer Forschungs- und Belegarbeit insbesondere durch die technischen Akteure. Von staatlicher Seite muss diese Forschung und Entwicklung begleitet werden und schließlich im Rahmen eines politischen Abwägungsprozesses die Entscheidung über die Zulässigkeit hochautomatisierter Fahrzeuge getroffen werden.

Sämtliche Änderungen von Normen, welche die erweiterte Zulassung von Fahrzeugautomatisierungssystemen betreffen, müssen im Einklang mit der verfassungsrechtlich garantierten staatlichen Schutzpflicht stehen, die den Staat verpflichtet, seine Bürger vor den Gefahren insbesondere auch des automatisierten Verkehrs zu schützen.

Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen kann daher erst zugelassen werden, wenn ein Mindestmaß an Sicherheit der Systeme gegeben ist. Der notwendige Grad an Sicherheit ist im politischen Prozess abzuwägen und kann nur anhand einer konkreten technischen Lösung für den Einzelfall beurteilt werden.

Unerlässlich ist jedoch die Erforschung ungefestigter Tatsachengrundlagen wie der erforderliche Zeitraum für die Übergabe zwischen System und Fahrer. Für den Einsatz bestimmter Assistenzsysteme und dabei insbesondere Bremsassistentensysteme ist auch die Weiterentwicklung der Technik zur Detektion und Analyse von Verkehrssituationen erforderlich, um den Fahrzeugsystemen ausreichend Informationen für komplexe Entscheidungen zur Verfügung zu stellen, wie sie das Straßenverkehrsrecht teilweise auch den Fahrern abverlangt. Beispielsweise müssen Menschen, große Tiere, kleine Tiere und verschiedene feste Hindernisse zuverlässig voneinander unterschieden werden können, um Bremsentscheidungen daran ausrichten zu können.

5.1.4.4 Fahrerlaubnisrecht

Wer auf öffentlichen Straßen ein Kraftfahrzeug führt, bedarf gemäß § 4 Abs. 1 S. 1 FeV grundsätzlich einer Fahrerlaubnis, welche bei Vorliegen der Voraussetzungen der §§ 7 ff. FeV¹¹² erteilt werden kann.

Denkbar ist die Anpassung des Fahrerlaubnisrechts in zwei grundsätzlich gegenläufige Richtungen. Zum einen hinsichtlich einer Verschärfung der Voraussetzungen der §§ 7 ff. FeV bezüglich einer Schulung im konkreten Umgang mit hochautomatisierten Fahrzeugsystemen und Erlernen der diesbezüglichen Systemgrenzen. Eine konkrete Prüfung dieser Anpassungsmöglichkeiten hängt jedoch im Wesentlichen von der noch nicht feststehenden Komplexität der Hochautomatisierungssysteme ab. Selbst wenn der Umgang mit hochautomatisierten Fahrzeugsystemen zukünftig zum Gegenstand des theoretischen und des praktischen Teils der Fahrerlaubnisprüfung gemacht wird, müssen die Fahrzeugsysteme weiterhin so ausgelegt sein, dass auch ein ungeübter Fahrer mit Ihnen umgehen kann, ohne sich oder Dritte mehr als im bisherigen Umfang mit motorisierten Fahrzeugen zu gefährden. Nach § 23 Abs. 1 S. 2 FeV werden Führerscheine für Pkw und Krafträder unbefristet erteilt. Nachschulungen sind grundsätzlich nicht vorgesehen. Daher ist auch lange Zeit nach einer Aufnahme von hochautomatisierten Systemen in die Fahrerlaubnisprüfung noch mit an solchen Systemen nicht geschulten Fahrern zu rechnen. Darüber hinaus wird der Inhalt der Schulung mit der Zeit in Vergessenheit geraten. Anderes als beispielsweise bei automatisierten Systemen in der Luftfahrt wird daher für den Straßenverkehr keine systematische Schulung vorausgesetzt werden können. Solche Schulungen zwingend einzuführen würde mit bewährten und in der Bevölkerung tief verankerten Grundsätzen des Fahrerlaubnisrechts brechen und wäre voraussichtlich politisch kaum durchsetzbar.

Zum anderen ist denkbar, dass es der in der Fahrschule vermittelten fahrerischen Kenntnisse des Fahrzeugführers aufgrund der Automatisierung nicht mehr in einem solchen Maße bedarf, wie es bei nicht automatisierten Fahrzeugen der Fall ist. Im Berichtszeitraum ist bei sicherheitstechnischer Umsetzbarkeit jedoch allenfalls mit einer situativen Hochautomatisierung auf bestimmten Streckenabschnitten zu rechnen. Der Fahrer muss sich auch jederzeit zur Rückübernahme der Fahraufgaben bereithalten und anschließend die Fahraufgabe wieder vollständig übernehmen. Insofern kommt im Berichtszeitraum eine Reduzierung oder gar ein Verzicht der Anforderungen für die Erlangung einer Fahrerlaubnis nicht in Betracht.

¹¹² Fahrerlaubnis-Verordnung vom 13. Dezember 2010 (BGBl. I 2010, S. 1980), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 16. Dezember 2014 (BGBl. I 2014a, S. 2213) geändert worden ist.

5.2 Haftungsrecht

Trotz des erwarteten Zugewinns an Straßenverkehrssicherheit, wird es auch bei einer Einführung von hochautomatisierten Fahrzeugen zu Unfällen im Straßenverkehr kommen. Dabei stellt sich die Frage, wer für Schäden aufzukommen hat, die bei Unfällen mit Beteiligung eines hochautomatisierten Fahrzeugs entstehen.

5.2.1 Haftungsrechtlicher Rahmen bei Unfällen im Zusammenhang mit Kfz¹¹³

Relevant für die zivilrechtliche Schadenshaftung im Zusammenhang mit automatisierten Fahrzeugen sind insbesondere die Straßenverkehrshaftung und die Haftung für Produktfehler.

5.2.1.1 Straßenverkehrshaftung

Der Halter eines Kraftfahrzeugs haftet grundsätzlich allein aufgrund der Tatsache, dass der Betrieb eines Kraftfahrzeuges eine rechtlich erlaubte Gefährdung anderer darstellt. Ein Verschulden wird dabei nicht gefordert (Gefährdungshaftung). (§ 7 StVG) Da sich auch automatisierte Fahrzeuge verkehrsbeeinflussend im Verkehrsbereich bewegen und somit ein Gefährdungspotenzial darstellen, sind auch solche von der Halterhaftung umfasst. Dabei spielt der Grad der Automatisierung grundsätzlich keine Rolle.

Der Halter eines Fahrzeugs haftet grundsätzlich für Schäden im Zusammenhang mit seinem Fahrzeug (verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung). Der Automatisierungsgrad spielt dabei keine Rolle. Nur ausnahmsweise ist die Haftung wegen höherer Gewalt ausgeschlossen (z.B. bei Naturkatastrophen).

Der Fahrer eines Fahrzeugs haftet nur verschuldensabhängig¹¹⁴, wenn ihm ein Sorgfaltspflichtverstoß persönlich vorgeworfen werden kann, wobei sein Verschulden hier vermutet wird und er insoweit in der Pflicht ist, sich zu entlasten. (§ 18 StVG) Während hochautomatisierten Fahrphasen kommt eine Haftung des Fahrers regelmäßig nicht in Betracht, da er von der Pflicht zur sorgfältigen Beobachtung des Verkehrs und Überwachung des Systems entbunden ist.

Übersteuert der Fahrer das System in einer hochautomatisierten Fahrphase jedoch und nimmt so wieder das Verkehrsgeschehen in die Hand, haftet er, sofern dies nicht mit der notwendigen Sorgfalt geschieht und es daraufhin zu einer Rechtsgutverletzung kommt. Wenn das System den Fahrer nach angemessener Frist auffordert, die Steuerung des Fahrzeugs wieder zu übernehmen und unterlässt er dies, so liegt hierin regelmäßig ein Sorgfaltspflichtverstoß, der im Schadensfall zur Haftung führen kann. Ausnahmsweise kommt eine Haftung des Fahrers in einer hochautomatisierten Fahrphase auch ohne Übersteuerungshandlung in Betracht, nämlich wenn er besondere Umstände ignoriert, welche ihn an der ordnungsgemäßen Funktion des Systems zweifeln lassen müssen und es hierdurch zu einer Rechtsgutsverletzung kommt. Dabei kommt diese Ausnahme jedoch nur bei besonders augenfälligem Fehlverhalten in Betracht, das sich jedem Fahrer aufdrängen muss, wie beispielsweise das dauerhafte Befahren des fahrbahnbegrenzenden Rüttelstreifens durch das System. Durch die dadurch in den Fahrzeuginnenbereich übertragenen Vibrationen und

¹¹³ Das Haftungsrecht wird im Rahmen dieses Gutachtens komprimiert dargestellt. Bezüglich der tiefergehenden rechtswissenschaftlichen Analyse wird auf den Anhang zum Gutachten verwiesen.

¹¹⁴ Mit Ausnahme der Schwarzfahrerhaftung. (§ 7 Abs. 3 S. 1 StVG)

Geräusche muss auch ein von der Überwachungspflicht befreiter Fahrer erkennen können, dass etwas mit dem System nicht in Ordnung ist, und ggf. das Automatisierungssystem übersteuern und abschalten, um einer (Mit-)Haftung zu entgehen. In solchen Fällen ist Anknüpfungspunkt für die Sorgfaltspflichtverletzung aber nicht die mangelhafte Überwachung des Systems, sondern vielmehr das Ignorieren des Eintretens besonderer zweifelerweckender Umstände.

Der Fahrer eines Fahrzeugs haftet nur, wenn ihn ein Verschulden trifft. Bei teilautomatisierten Fahrzeugen ist ein Verschulden immer denkbar, da der Fahrer nicht von der Sorgfaltspflicht entbunden ist. Bei hochautomatisierten Fahrzeugen kommt in der automatisierten Fahrphase grundsätzlich kein Verschulden in Betracht (Sorgfaltspflichtentbindung). Verschulden ist nur möglich, wenn:

- **der Fahrer das System übersteuert.**
- **der Fahrer es unterlässt, das Steuer zu übernehmen, obwohl die Aufforderung zur Steuerrückübernahme korrekt erfolgt ist.**
- **besondere Umstände gegeben sind, die den Fahrer an der Funktionsfähigkeit des Systems zweifeln lassen müssen (sehr restriktiv zu handhabende Voraussetzung).**

5.2.1.2 Haftung für Produktfehler

Die Haftung für Produktfehler richtet sich im Wesentlichen nach dem Produkthaftungsgesetz (ProdHaftG)¹¹⁵ und der deliktischen Haftung nach § 823 Abs. 1 BGB für die Verletzung von Verkehrssicherungspflichten. Nach dem ProdHaftG ist der Hersteller eines Produktes zum Schadenersatz verpflichtet, wenn durch einen Fehler seines Produkts jemand getötet, sein Körper oder seine Gesundheit verletzt oder eine Sache beschädigt wird. Dabei handelt es sich, da ein Verschulden nicht vorausgesetzt wird, ähnlich wie bei der Halterhaftung um eine Gefährdungshaftung, welche an das Inverkehrbringen des Produkts anknüpft.

Der Fehlerbegriff des ProdHaftG ist ein sicherheitsrechtlicher. Dabei werden grundsätzlich drei Fehlerarten unterschieden.

Ein *Fabrikationsfehler* liegt vor, wenn das Produkt, dessen Verwendung zu einem Schaden geführt hat, von den Konstruktions- und Qualitätsvorgaben, also dem vom Hersteller selbst gesetzten Standards abweicht. *Konstruktionsfehler* liegen vor, wenn das Produkt infolge fehlerhafter technischer Konzeption oder Planung für eine gefahrlose Benutzung ungeeignet ist (Sprau 2015, Rn. 8). Dabei muss konstruktionsmäßig sichergestellt sein, dass das Produkt bei bestimmungsgemäßem Gebrauch gefahrlos benutzt werden kann. Der *Instruktions-/Informationsfehler* ist der Fehler eines Produkts, der letztlich aus einer inkorrekten Anwendung des Endabnehmers resultiert, für den aber nicht letzterer verantwortlich ist sondern der Hersteller aufgrund unterlassener Warnung vor den spezifischen Gefahren des Produkts oder einer unvollständigen oder fehlerhaften Gebrauchs-/ bzw. Bedienungsanleitung. Darunter fällt auch die (werbliche) Darbietung des Produkts, die beim Nutzer eine Erwartungshaltung erzeugt.

Da der Fahrer von hochautomatisierten Fahrzeugen mit dem Produkt interagieren soll und viele der Automatisierungssysteme auf eine Einflussnahme des Fahrers angewiesen sind (bspw. zum Ein-/Ausschalten und Übersteuern oder für die Übergabe zwischen System und Fahrer), bestehen erhebliche Wechselwirkungen zwischen den Fehlerarten.

¹¹⁵ Produkthaftungsgesetz vom 15. Dezember 1989 (BGBl. I 1989, S. 2198), das zuletzt durch Artikel 9 Absatz 3 des Gesetzes vom 19. Juli 2002 (BGBl. I 2002, S. 2674) geändert worden ist.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass für die Frage nach der Fehlerhaftigkeit eines Produkts der Erwartungshorizont, den ein durchschnittlicher Benutzer objektiv erwarten darf, maßgeblich ist. Wird demnach vom Hersteller die Erwartung erzeugt, das von ihm hergestellte Fahrzeug sei in der Lage, in einer hochautomatisierten Fahrphase Fahraufgaben selbstständig zu übernehmen und bei Systemgrenzen den Fahrer mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Fahraufgaben aufzufordern, ohne dass es einer Überwachung durch den Fahrer bedarf, so liegt regelmäßig ein Produktfehler vor, wenn es zu einem Verkehrsunfall kommt, der nicht ausschließlich auf dem Fehlverhalten eines Dritten beruht.

5.2.1.3 Zwischenergebnis

Der Halter eines Fahrzeugs haftet grundsätzlich für alle Schäden, die auf den Betrieb seines Fahrzeugs zurückzuführen sind.¹¹⁶ Für Schäden, die während einer hochautomatisierten Fahrphase entstehen, haftet grundsätzlich der Hersteller, es sei denn der Fahrer übersteuert schuldhaft oder übernimmt schuldhaft das Steuer trotz ausreichender Zeitreserve nicht rechtzeitig zurück. Vereinfacht gesagt haften Halter und Fahrer für die Betriebsgefahr und Fahrfehler und der Hersteller für Produktfehler. Folglich gibt es keine Verkehrsunfallsituation, die nicht entweder durch die Straßenverkehrshaftung oder durch die Produkthaftung bzw. eine Haftungsverteilung nach den jeweiligen Verursachungsbeiträgen abgedeckt ist (§ 17 StVG). Handlungsbedarf hinsichtlich des haftungsrechtlichen Rechtsrahmens bedarf es vor diesem Hintergrund nicht, denn Haftungslücken werden nicht entstehen. Sind Rechtsgutverletzungen nicht ausschließlich auf einen Produktfehler oder einen Fahrfehler zurückzuführen, können Haftungsquoten gebildet werden, die sich nach dem jeweiligen Verursachungsbeitrag richten.

Bei Schäden im Zusammenhang mit automatisierten Fahrzeugen entstehen keine Haftungslücken. Entweder der Halter oder der Hersteller haften verschuldensunabhängig, dabei ist auch eine Haftungsquotelung möglich. Der Fahrer haftet nur, wenn ihn ein Verschulden trifft, was in hochautomatischen Fahrphasen regelmäßig nicht der Fall ist.

5.2.2 Anpassungsbedarf, der über die Gesetzesdogmatik hinausgeht

Bisher wurde festgestellt, dass die haftungsrechtliche Dogmatik auch auf hochautomatisierte Fahrzeuge anwendbar ist. In Frage steht jedoch, ob das haftungsrechtliche Regime auch praktisch handhabbar ist. Dabei werfen neben möglichen Haftungsverlagerungen auch die zu erwartenden Beweisschwierigkeiten Fragen auf.

5.2.2.1 Haftungsverlagerungen

Bei einem herkömmlichen Haftungsfall im Straßenverkehr sind regelmäßig sechs Akteure beteiligt (Halter, Fahrer, Hersteller von jeweils zwei Fahrzeugen), wobei in aller Regel die Haftung der Fahrer für Fehlverhalten im Verkehr im Vordergrund steht. Hinzu kommt, dass jeder der Akteure gegen Schäden versichert sein kann. Für den Halter eines Kraftfahrzeugs besteht sogar die Pflicht, eine Haftpflichtversicherung für sich und den Fahrer zur Deckung der durch den Gebrauch des Fahrzeugs verursachten

¹¹⁶ Unter Umständen kann er bzw. seine Haftpflichtversicherung jedoch den Fahrer oder den Hersteller in Regress nehmen.

Personenschäden, Sachschäden und sonstigen Vermögensschäden abzuschließen und aufrechtzuerhalten (§ 1 Pflichtversicherungsgesetz)¹¹⁷. Durch die Einführung des hochautomatisierten Fahrens könnten sich die haftungsrechtliche Verantwortung und damit auch die Haftungsquoten deutlich zulasten der Halter oder Hersteller und ihrer Versicherungen verschieben.

Haftungsverlagerung zwischen Halter und Hersteller

Wird durch den Betrieb des Fahrzeugs ein Schaden verursacht, besteht neben den oben genannten Schadenersatzansprüchen auch ein Direktanspruch des Geschädigten gegen den Versicherer gemäß § 115 Abs. 1 VVG¹¹⁸. In aller Regel wird der Geschädigte von diesem Direktanspruch gegen die Haftpflichtversicherung in der Praxis auch Gebrauch machen, da der Versicherung regelmäßig Solvenz unterstellt werden kann. Ersetzt der Versicherer dem Geschädigten den Schaden, so gehen etwaige Ansprüche, die der Versicherungsnehmer gegen einen Dritten hat, im Wege der gesetzlichen Forderungsabtretung auf den Versicherer über (§ 86 Abs. 1 S. 1 VVG Legalzession). Als ein solcher Anspruch kommt insbesondere derjenige aus § 1 ProdHaftG bzw. jener aus § 823 BGB i.V.m. den Grundsätzen der Produzentenhaftung in Betracht, den der Endabnehmer gegen den Hersteller hat, sodass sich der Versicherer wiederum beim Hersteller schadlos halten kann, sofern der Schaden kausal auf einem Produktfehler beruht.

Sieht man sich die Unfallursachenstatistik an, geht aus dieser hervor, dass für 90% der Unfälle menschliches Verhalten ursächlich war, 9% auf schlechte Umweltverhältnissen (Straßenverhältnisse, Wetter etc.) beruhen und lediglich 1% der 306.300 Unfälle mit Personenschäden im Jahr 2013 auf technische Mängel oder Wartungsmängel zurückzuführen sind (Statistisches Bundesamt 2013).

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass die Produkt- bzw. Produzentenhaftung im Vergleich zu den straßenverkehrsrechtlichen Haftungsnormen und dabei insbesondere der Halterhaftung derzeit nur eine weit untergeordnete Bedeutung hat.

Mit Einführung hochautomatisierter Fahrzeuge könnte sich dieses Gefüge verändern.

So wird der Haftpflichtversicherer bei Schäden, die im Zusammenhang mit hochautomatisierten Fahrzeugen entstanden sind, einwenden, der Schaden sei durch einen Produktfehler verursacht worden, um sich die ausgezahlte Versicherungssumme vom Hersteller zurückzuholen. Die Beweisschwierigkeiten außen vorgelassen, wird dies dem Versicherer in einigen Fällen wohl auch gelingen, denn die Haftung im Rahmen der Produkt- und Produzentenhaftung ist äußerst weitgehend. Insbesondere hinsichtlich der sehr streng einzuhaltenden Konstruktions- und Instruktionspflichten könnte es hier zu Gerichtsurteilen kommen, die den Versicherern Recht geben. Demnach ist davon auszugehen, dass jedenfalls eine partielle Haftungsverschiebung vom Halter bzw. Versicherer auf den Hersteller erfolgen wird.

Im Schrifttum wird teilweise die Angemessenheit dieser Haftungsverlagerung in Zweifel gezogen und vorgebracht, dass der Kerngedanke der Straßenverkehrshaftung der Betrieb eines „potenziell für sich und Dritte gefährliches“ System durch den Halter sei. Daran würde sich auch grundsätzlich nichts ändern, wenn zukünftig die Steuerung von hochautomatisierten Fahrzeugen übernommen würde. Immer noch sei es der Halter bzw. der von ihm autorisierte Fahrer, der das Kfz in Betrieb setzt und dadurch die konkrete Gefahr für andere erzeugt (Hötitzsch/Lutz 2014, S. 14ff.).

¹¹⁷ Gesetz über die Pflichtversicherung für Kraftfahrzeughalter vom 5. April 1965 (BGBl. I 1965, S. 213), zuletzt geändert durch Gesetzes vom 1. April 2015 (BGBl. I 2015a, S. 434).

¹¹⁸ Versicherungsvertragsgesetz vom 23. November 2007 (BGBl. I 2007, S. 2631), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 1. August 2014 (BGBl. I 2014b, S. 1330) geändert worden ist.

Diese Argumentation beruht auf dem Gedanken der straßenverkehrsrechtlichen Gefährdungshaftung. Diese Gefährdungshaftung hat ihren Ursprung in der sozialen Verantwortung für eigene Wagnisse. Ihr Zweck ist nicht der Ausgleich für Verhaltensunrecht, sondern sie bezweckt die Regulierung von Schäden, die durch den zulässigen Betrieb eines Kfz entstehen. Wer im eigenen Interesse eine besondere Gefahrenquelle schafft, hat – gewissermaßen als Preis für die ihm erlaubte Schaffung solcher Gefahrenquellen – für daraus hervorgehende und auch bei größter Sorgfalt unvermeidbare Schädigungen einzustehen (BGH VersR 2005, S.992). So ist es richtig, dass sich die Betriebsgefahr auch bei hochautomatisiert betriebenen Fahrphasen verwirklichen kann. Die oben genannte Ansicht lässt jedoch unbeachtet, dass von Seiten des Herstellers im Rahmen der Produkthaftung genau derselbe Grundsatz Anwendung findet. So beruht die produkthaftungsrechtliche Gefährdungshaftung auf dem Umstand, dass derjenige, der zu seinem Nutzen rechtmäßig einen gefährlichen Betrieb eröffnet und unterhält, auch die Schäden tragen soll, die in Verwirklichung dieses Risikos typischerweise bei anderen eintreten und von diesen nicht verhindert werden können (Sprau 2015, Rn. 11). So ist der Hersteller, der in Gewinnerzielungsabsicht ein potentiell gefährliches Produkt in den Verkehr bringt, in derselben verschuldensunabhängigen Haftungssituation wie der Halter bzw. dessen Versicherung.

Insoweit kann die derzeitige Rechtsituation, die eine Haftungsverlagerung zulasten des Herstellers zur Folge haben kann, durchaus als angemessen empfunden werden, denn werden in Fahrzeugen vermehrt komplexere und potentiell gefahrenträchtige Teile verbaut, so hat auch derjenige das Risiko zu tragen, der durch erwartete Umsatzsteigerungen dieses erhöhte Risiko in den Verkehr bringt. Kaum möglich erscheint es, zur Vermeidung von Abgrenzungs- und Beweisschwierigkeiten die Halterhaftung noch stärker in den Vordergrund zu rücken und den Ausgleich der technischen Risiken damit noch klarer als bisher in den Bereich der Haftpflichtversicherung zu verlagern. Rechtstechnisch könnten dazu etwa die Produkthanforderungen an automatisierte Systeme klar normiert werden und festgesetzt werden, sodass bei der Einhaltung dieser Vorgaben kein Produktfehler vorliegt. Damit würde das Haftungsrisiko für die Hersteller gerade für bisher unerkannte Probleme des Systems eingegrenzt. Umso höhere Risiken auf den Halter und dessen Haftpflichtversicherung verlagert werden, desto höher wird auch der Versicherungsbeitrag für hochautomatisierte Fahrzeuge sein. Sinkt dagegen durch die Automatisierung das Unfallrisiko ab einem bestimmten technischen Entwicklungsstand wieder, wird sich dies in sinkenden Versicherungsbeiträgen widerspiegeln. Diese Lösung würde sicherlich einen starken Anreiz für die Einführung hochautomatisierter Systeme darstellen, da die Hersteller von Haftungsrisiken entlastet würden. Europa- und verfassungsrechtlich erscheint es aber sehr fraglich, ob eine solche Haftungserleichterung möglich wäre. Haftungsrisiken haben für Hersteller auch eine solch abschreckende Wirkung, dass Produktfehler unternehmensseitig zu vermeiden sind. Es ist daher fraglich, ob der Staat seinen verfassungsrechtlichen Schutzpflichten für Leben und körperliche Unversehrtheit der Verkehrsteilnehmer noch entspricht, wenn er durch Absenkung dieser Haftungsrisiken Hersteller unter Umständen dazu ermutigt, gefährliche Produkte in Umlauf zu bringen. Europarechtlich ist eine solche haftungsrechtliche Erleichterung zumindest deshalb problematisch, weil der Inhalt des ProdHaftG durch die Produktsicherheitsrichtlinie vorgegeben ist und Ausnahmen für hochautomatisierte Fahrzeuge in der Richtlinie nicht vorgesehen sind. (Richtlinie 2001/95/EG)

Bei zunehmender Fahrzeugautomatisierung ist zu erwarten, dass die Hersteller zukünftig öfter und die Halter weniger für Schäden aufkommen müssen. (Haftungsverlagerung).

Haftungsverlagerung zwischen Fahrer und Halter

Wie dargestellt haftet der Halter nach § 7 StVG für Schäden, die beim Betrieb seines Fahrzeugs entstehen, verschuldensunabhängig. Der Fahrer muss hingegen vorsätzlich oder fahrlässig den Schaden herbeigeführt haben, um haftbar gemacht werden zu können (verschuldensabhängige Haftung). Entsteht ein Schaden während einer hochautomatisierten Phase, in der dem Fahrer gestattet ist, sich vom Verkehrsgeschehen abzuwenden, und ihn demnach keine Sorgfaltspflicht mehr trifft, scheidet ein Verschuldensvorwurf gegenüber dem Fahrer grundsätzlich aus. Der Fahrer würde in einem solchen Fall nie haftbar gemacht werden können, der Halter – vorausgesetzt einen Dritten trifft kein Verschulden - hingegen immer. Diese Haftungsverlagerung auf den Halter ist jedoch praktisch und (volks)wirtschaftlich wenig relevant. Schließlich ist der Halter gemäß § 1 PflVG¹¹⁹ aufgrund der generellen Gefährlichkeit des Betriebs von Kraftfahrzeugen zum Abschluss einer Haftpflichtversicherung zur Deckung der durch den Gebrauch des Fahrzeugs verursachten Personenschäden, Sachschäden und sonstigen Vermögensschäden für sich, den Fahrer und den Eigentümer verpflichtet. Da Halter und Fahrer demnach bei derselben Versicherung versichert sein müssen, spielt es grundsätzlich keine Rolle, ob der Schaden auf der Betriebsgefahr oder einem vorwerfbaren Fahrverhalten beruht. In Anwendung des § 116 Abs. 1 S. 1 VVG muss der Versicherer in jedem Fall unabhängig von der Haftungsfrage im Innenverhältnis zu weiteren Schuldner (bspw. Fahrer) für den Schaden aufkommen. Auf Grundlage dieser gemeinsamen Kfz-Haftpflichtversicherung wird zwar sichergestellt, dass ein Geschädigter nicht mit dem Ausfall einer Forderung rechnen muss. Dem Verhältnis zwischen Fahrzeugführer, Halter und Versicherung wird diese Regelung jedoch nicht gerecht. Ist ein Unfall auf ein (objektiv zu unterstellendes) Verschulden des Fahrzeugführers zurückzuführen, dessen Folgen der Halter bzw. dessen Pflichtversicherung nach den oben genannten pflichtversicherungsrechtlichen Normen auszugleichen hat, werden diese nach der Schadensregulierung Regress vom Fahrzeugführer fordern wollen. Der für einen Schadenersatzanspruch des Halters grundsätzlich erforderliche Schaden wird regelmäßig zumindest in der Höhe der Versicherungsprämie gegenüber der Versicherung liegen.

5.2.2.2 Beweisschwierigkeiten

In dieser Konstellation sehen sich sowohl Halter als auch Versicherung in einer „Beweisnot“. Der Fahrer wird einwenden, ihn traf kein Verschulden, vielmehr sei der Unfall in einer hochautomatisierten Phase entstanden, während der er von seiner Sorgfaltspflicht befreit war. Der Schaden sei daher auf die Fehlerhaftigkeit des Systems zurückzuführen. Ob dem wirklich so war, lässt sich wohl im Nachhinein nicht ohne Weiteres aufklären. Die Verschuldensvermutung aus § 18 Abs. 1 S. 2 StVG wird hier aufgrund ihrer dogmatischen Fehleranfälligkeit ebenfalls zu keinem sachgerechten Ergebnis führen bzw. wäre selbst Gegenstand einer etwaigen Beweisaufnahme. Denn in Zeitpunkten, zu denen der Fahrer von seiner Sorgfaltspflicht befreit ist, kann ihm überhaupt kein Verschulden vorgeworfen und im Besonderen nicht vermutet werden. Einen adäquaten Lösungsansatz für diese Beweisschwierigkeiten kann hier ein Unfalldatenspeicher bieten, der objektiv aufzeichnet und speichert, worauf das Unfallgeschehen beruht und in welcher Fahrphase der Unfall zu Stande kam. Auf dessen rechtliche Voraussetzungen wird im Rahmen des Kapitels zum Datenschutzrecht näher eingegangen.

¹¹⁹ Pflichtversicherungsgesetz vom 5. April 1965 (BGBl. I 1965, S. 213), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 24. April 2013 (BGBl. I 2013a, S. 932) geändert worden ist.

Hochautomatisiertes Fahren ist darauf ausgelegt, dass sich das System und der menschliche Fahrer die Fahraufgaben teilen. Es wird Phasen auf der Autobahn geben, in denen dem menschlichen Fahrer die Sorgfalt obliegt, das Verkehrsgeschehen zu beobachten und entsprechend zu handeln, und es wird Phasen geben, in denen der menschliche Fahrer von dieser Sorgfaltspflicht befreit ist und es dem System obliegt, das Verkehrsgeschehen zu beobachten und entsprechende Eingriffe in die Aktorik vorzunehmen. Insofern kommen bei einem Verkehrsunfall mit einem hochautomatisierten Fahrzeug sowohl Ansprüche gegen den Halter und Fahrer (bzw. deren Versicherung) als auch gegen den Hersteller in Betracht. Zwischen der Kfz-Haftpflichtversicherung und dem Hersteller besteht, wie dargestellt, darüber hinaus ein Regressverhältnis nach § 86 Abs. 1 S. 1 VVG.

Der Durchsetzung dieser Ansprüche ist es gemein, dass grundsätzlich im Nachhinein ohne Unfalldatenspeicher nicht aufklärbar ist, in welcher Phase das Fahrzeug gesteuert wurde, als es zu dem Unfallereignis kam. Diese Rechtsunsicherheit wird noch vertieft, da es nicht lediglich drei Phasen gibt, in denen die Verantwortungsverhältnisse zumindest theoretisch absolut bestimmbar wären (Fahrer – System – Fahrer), sondern der Einsatz von hochautomatisierten Fahrzeugen auf sieben objekt- und funktionsorientierten Phasen fußt (Fahrer – Angebot zur Übernahme - Übernahme – System – Aufforderung zur Rückübernahme - Rückübernahme – Fahrer). In den beiden Übernahmephase geben sich menschlicher Führer und das System die Fahraufgaben gegenseitig „in die Hand“. Mit dieser Übergabe der Fahraufgabe geht auch der diesbezügliche Verantwortungsbereich über. Im Hinblick auf die Rechtssicherheit im Schadensfall müssen die Verantwortungen klar getrennt sein, mit der Folge, dass die Verantwortlichkeit für Fahrfehler des menschlichen Fahrers und der „Fahrfehler“ des Systems grundsätzlich in einem Exklusivitätsverhältnis stehen, sofern nicht übersteuernd eingegriffen wird.

Dies soll durch das folgende Szenario und die Grafik dargestellt werden.

Zu Beginn einer Autobahnfahrt ist der Fahrer verantwortlich für das Fahrgeschehen. Das System macht auf einem geeigneten Autobahnabschnitt das Angebot an den Fahrer, von nun an die Fahraufgabe zu übernehmen. Mit Bestätigen dieses Angebots durch den Fahrer durch Knopfdruck, Spracherkennung o.ä. geht der Verantwortungsbereich vollständig auf das System über und dieses übernimmt die Fahraufgabe für einen gewissen Zeitraum. Während dieser Phase muss der Fahrer sich lediglich für eine Rückübernahmeaufforderung bereithalten. Stößt das System an eine Grenze oder wird die vom Fahrer gewünschte Ausfahrt erreicht, fordert es den Fahrer beispielsweise durch Herunterzählen eines Countdowns auf, die Steuerung des Fahrzeugs wieder zurück zu übernehmen. Hierfür stellt das System dem Fahrer eine gewisse Zeitspanne zur Verfügung. Bis zum Ende dieser Zeitspanne trägt der Hersteller die haftungsrechtliche Verantwortung. Kommt es in diesem Zeitraum zu einem Unfall, für den kein Dritter verantwortlich ist, liegt zwangsläufig ein Fehler in der Konstruktion oder Fabrikation des Systems oder in der Instruktion des Anwenders vor, wenn der Fahrer nicht übersteuernd eingegriffen hat. In den anderen Phasen liegt ein Fahrfehler vor.

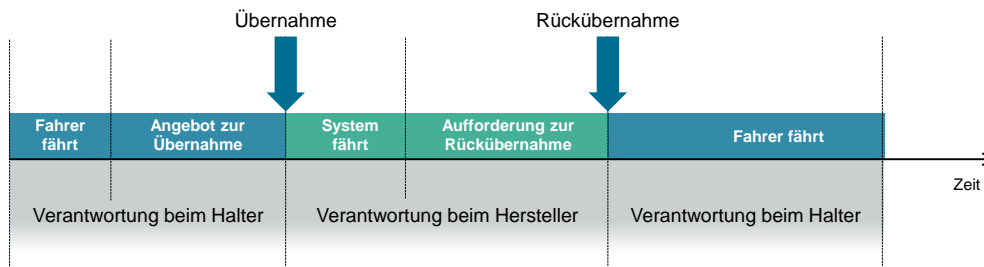


Abbildung 39: Szenario einer hochautomatisierten Autobahnfahrt aus haftungsrechtlicher Sicht¹²⁰

Im Rahmen eines zivilrechtlichen Haftungsprozesses kommt es erheblich darauf an, in welcher Phase sich der Unfall ereignet hat. Eine diesbezüglich verlässliche Rekonstruktion des Unfallhergangs ist nicht ohne weiteres möglich und Beweisschwierigkeiten sind vorprogrammiert. Abhilfe kann hier der Einsatz eines Unfalldatenspeichers schaffen, der aufzeichnet, in welcher Phase der Unfall geschehen ist.

Nun kann zwar festgestellt werden, in welcher Phase der Unfall geschehen ist, was für die Klärung der Haftungsfragen ausreichen würde, wenn es sich um ein Fahrzeugsystem handeln würde, welches nicht übersteuerbar ist. Das hochautomatisierte Fahren, welches im Rahmen dieser Arbeit zu Grunde gelegt wird, ist aber geprägt vom Merkmal der Übersteuerbarkeit. Dem Fahrer soll nicht die Möglichkeit genommen werden, auch während einer hochautomatisierten Phase in das Fahrgeschehen eingreifen zu können.

Übersteuert der Fahrer das System während einer hochautomatisierten Phase, in der grundsätzlich der Hersteller die Verantwortung trägt, und kommt es dann zu einem Unfall, kann es zu Situationen kommen, in denen die Klärung der Haftungsfragen nur durch eine umfassende Rekonstruktion des Unfallgeschehens möglich ist. So beispielsweise, wenn der Fahrer schon während der „Aufforderung zur Rückübernahme“ das Steuer in die Hand nimmt und es in diesem Zusammenhang zu einem Unfallgeschehen kommt. Um in einer solchen Situation klären zu können, ob der vorzeitige aber gestattete Eingriff des Fahrers ursächlich für den Unfall war oder ob es auch zu dem Unfall gekommen wäre, hätte der Fahrer nicht eingegriffen (= Produktfehler), bedarf es einer umfassenden Rekonstruktion des Unfallgeschehens, bei dem die rein binäre Information dahingehend, ob das System aktiv war oder nicht, zu einer befriedigenden Haftungsverteilung nicht beitragen können wird. Vielmehr sind hier weitere Informationen bzgl. des Unfallgeschehens und der unmittelbaren Zeit zuvor von Nöten. Insoweit wird man um den verpflichtenden Einbau eines Unfalldatenspeichers, der alle Informationen speichert, die mit dem Unfallgeschehen im Zusammenhang stehen und zur Aufklärung der Haftungsfragen beitragen können, nicht umhin kommen. Auf die rechtlichen Voraussetzungen des Unfalldatenspeichers wird im Rahmen des Kapitels zum Datenschutzrecht näher eingegangen.

Für die praktische Handhabung des Haftungsrechts ist es unerlässlich, dass ermittelt werden kann, durch wen ein Schaden zu welchem Anteil verursacht worden ist. Zur Ermittlung dieser Verursachungsanteile kommt ein Unfalldatenspeicher in Betracht.

¹²⁰ Eigene Darstellung

5.2.3 Zwischenergebnis Haftungsrecht

Theoretisch lassen sich sämtliche Haftungskonstellationen, die im Zusammenhang mit hochautomatisierten Fahrzeugen im Straßenverkehr auftreten, sachgerecht über bestehende Haftungsregelungen aus dem Straßenverkehrsgesetz sowie der Produkt- und Produzentenhaftung auflösen. An eine Grenze stößt das derzeitige Rechtssystem hinsichtlich der Beweisbarkeit der Frage, ob sich das Fahrzeug in einer hochautomatisierten Fahrphase oder in einer manuellen Fahrphase befand, als es zu einem Unfall kam, sowie der Frage, ob und mit welchem Verursachungsbeitrag der Fahrer im automatisierten Modus ggf. übersteuernd in das Verkehrsgeschehen eingegriffen hat, mit der Folge, dass es zu einer Rechtsgutverletzung kam. Hier kann ein Unfalldatenspeicher Abhilfe schaffen.

5.3 Straf- und Ordnungswidrigkeitenrecht

Ein nicht unerheblicher Anteil der Straftaten und Ordnungswidrigkeiten, mit denen sich Staatsanwaltschaft und Bußgeldbehörde auseinanderzusetzen haben, stammt aus dem Bereich des Straßenverkehrs. In den §§ 315c ff. StGB¹²¹ sind Straftatbestände normiert, die besonders schwere Verstöße gegen Verkehrsregeln zum Gegenstand haben. Doch auch allgemeine Straftatbestände, wie fahrlässige Körperverletzung oder fahrlässige Tötung, sind im Straßenverkehrsbereich relevant (§§ 222, 229 StGB). So ist es gemäß § 229 StGB strafbar, durch Fahrlässigkeit die Körperverletzung einer anderen Person zu verursachen. Gleiches gilt für denjenigen, der fahrlässig den Tod eines Menschen verursacht (§ 222 StGB). Einer Gefährdung des Straßenverkehrs macht sich gemäß § 315c Abs. 1 Nr. 2 StGB schuldig, wer grob verkehrswidrig und rücksichtslos gegen die so genannten „7 Todsünden“¹²² des Straßenverkehrs verstößt und dadurch Leib und Leben eines anderen Menschen oder fremdes Eigentum von bedeutendem Wert gefährdet.

Daneben sind nahezu alle (leichteren) Verstöße gegen die Regeln der StVO bußgeldbewehrt. Dies gilt sowohl für vorsätzliche als auch für fahrlässige Begehungsweisen (§ 24 StVG i.V.m. § 49 StVO). Das folgende Kapitel geht insbesondere der Frage nach, ob eine straf- bzw. ordnungswidrigkeitenrechtlich relevante Handlung bei einem Verstoß gegen bußgeldbewehrte oder strafbedrohte Normen in einer automatisierten Fahrphase vorliegt und wer ggf. für eine Rechtsgutverletzung strafrechtlich einzustehen hat.

5.3.1 Strafrechtlicher Handlungsbegriff

Den Straftaten und Ordnungswidrigkeiten ist gemein, dass stets eine Handlung vorausgesetzt wird, um relevantes Verhalten sanktionieren zu können (§§ 13 StGB und

¹²¹ Strafgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. November 1998 (BGBl. I 1998, S. 3322), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Januar 2015 (BGBl. I 2015b, S. 10) geändert worden ist.

¹²² Vgl. § 315c Abs. 1 Nr. 2 StGB: a) die Vorfahrt nicht beachten, b) falsch überholen oder sonst bei Überholvorgängen falsch fahren, c) an Fußgängerüberwegen falsch fahren, d) an unübersichtlichen Stellen, an Straßenkreuzungen, Straßeneinmündungen oder Bahnübergängen zu schnell fahren, e) an unübersichtlichen Stellen nicht die rechte Seite der Fahrbahn einhalten, f) auf Autobahnen oder Kraftfahrstraßen wenden, rückwärts oder entgegen der Fahrtrichtung fahren oder dies versuchen oder, g) haltende oder liegengebliebene Fahrzeuge nicht auf ausreichende Entfernung kenntlich machen, obwohl das zur Sicherung des Verkehrs erforderlich ist.

8 OWiG¹²³) (Bundesgesetzblatt Teil I 1987, S. 602; Bundesgesetzblatt Teil I 2013, S. 3786). Die Herausarbeitung des Inhalts der Begrifflichkeit „Handlung“ geschieht durch verschiedene Handlungstheorien¹²⁴, deren gemeinsame Ratio es ist, diejenigen menschlich verursachten Geschehensabläufe herauszufiltern, die nicht in das Blickfeld des Rechts als einer menschlichen Verhaltensordnung geraten sollen (Arzt et al. 2012, S. 58). Keine Handlungen stellen folglich Fahrmanöver dar, die von Automatisierungssystemen initiiert werden, da ihnen die menschliche Verursachung fehlt.

5.3.1.1 Tun/Unterlassen

Bei der Handlung als Rechtsbegriff werden das aktive *Tun*, also die Entfaltung von Kraft oder körperlicher Aktivität, die Einfluss auf die Außenwelt haben, und das *Unterlassen* des aktiven Tuns, also die Nicht-Entfaltung von Kraft oder Aktivität unterschieden (Fischer et al. 2015, Rn. 3). Eine Abgrenzung kann im Einzelfall schwierig sein. Nach der Rechtsprechung kommt es für eine Unterscheidung zwischen Tun und Unterlassen auf den Schwerpunkt des vorwerfbaren Täterverhaltens an (BGHSt 6, 46, 59; BGHSt 40, 257).

Tun

Relevantes Tun, das von einem Straf- oder Ordnungswidrigkeitstatbestand erfasst wird, ist grundsätzlich ahndbar, wenn das schuldhaftes Tun ursächlich für die Rechtsgutverletzung ist. Greift der Fahrer bspw. in den voll funktionstüchtigen automatisierten Vorgang ein, mit der Folge, dass hierdurch kausal ein Mensch getötet oder verletzt wird, liegt ein strafrechtlich relevantes Tun vor. Dies gilt sowohl für teil- als auch für hochautomatisierte Fahrzeugsysteme, da bei einer Übersteuerung regelmäßig ein aktives Tun gegeben sein dürfte.

Pflichtwidriges Unterlassen

Unterlassen ist nur strafbar, wenn den Täter eine Pflicht zum Handeln trifft, er also aufgrund einer Garantenstellung zum Eingreifen in einen Kausalverlauf, der zum Eintreten der objektiven Tatbestandsvoraussetzungen führt, verpflichtet ist. Ferner muss dem Täter die Handlung, die zur Erfolgsverhinderung führt, auch möglich sein, um ihm einen strafrechtlichen Vorwurf machen zu können (Fischer et al. 2015, Rn. 77).

5.3.1.2 Vorsatz/Fahrlässigkeit

Weitere relevante Unterscheidungskriterien sind diejenigen des Vorsatzes und der Fahrlässigkeit. Gemäß §§ 15 StGB, 10 OWiG kann nur vorsätzliches Handeln geahndet werden, außer wenn das Gesetz fahrlässiges Handeln ausdrücklich mit Strafe bzw. Geldbuße bedroht wie z.B. in §§ 222, 229 StGB. Vorsatz ist dabei ein wissentliches und willentliches Verhalten ohne Rücksicht auf Motiv und genauen Verlauf. Bei bedingtem Vorsatz hält der Täter die Tatbestandserfüllung nur für möglich, nimmt sie aber billigend in Kauf. (König 2013h, Rn. 133, 135) Fahrlässig handelt, wer die ihm nach den Umständen und seinen eigenen Fähigkeiten mögliche Sorgfalt außer Acht lässt und hierdurch eine Rechtsgutgefährdung oder -verletzung zwar für möglich hält, also sein pflichtwidriges Verhalten kennt, aber ernsthaft darauf vertraut, dass der Tatbestand nicht verwirklicht wird.

¹²³ Gesetz über Ordnungswidrigkeiten in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. Februar 1987 (BGBl. I 1987, S. 602), das zuletzt durch Artikel 18 des Gesetzes vom 10. Oktober 2013 (BGBl. I 2013c, S. 3786) geändert worden ist

¹²⁴ Vgl. zu den Handlungstheorien im Überblick: Fischer, StGB-Kommentar, Vor § 13 Rn. 3ff.

Strafbar bzw. ordnungswidrig kann nur die vorsätzliche oder fahrlässige Handlung eines Menschen im Sinne eines Tuns oder pflichtwidrigen Unterlassens sein. Automatisierte Aktionen können nicht unter Strafe stehen.

Den Fahrer eines teilautomatisierten Fahrzeugs trifft, obwohl das Fahrzeugsystem grundsätzlich die Steuerung übernimmt, eine Pflicht zur Überwachung des Systems und Beobachtung des Verkehrsgeschehens. Erkennt der Fahrer im Rahmen seiner Überwachung ein systeminitiiertes Fahrmanöver, welches er nicht zu beherrschen vermag wie bspw. eine zu hohe Geschwindigkeit, ist er zur Übersteuerung verpflichtet, um das Fahrzeug entsprechend seiner subjektiven Fähigkeiten wieder beherrschen zu können. Insofern ist er von seiner Sorgfaltspflicht nicht befreit und eine Strafbarkeit wegen Fahrlässigkeit ist – bei entsprechender Rechtsgutsverletzung - ebenso möglich wie bei konventionellen Fahrzeugen.

Bei Fahrern hochautomatisierter Fahrzeuge gilt es zu differenzieren. Wird dem Fahrer in einer hochautomatisierten Phase gestattet, dass er das Verkehrsgeschehen nicht beobachten und ggf. eingreifen muss und greift er während dieser Phase auch nicht übersteuernd ein, so kann ihm aufgrund einer fehlenden Überwachungs- und Handlungsverpflichtung ein Verstoß gegen die Sorgfaltspflichtverletzung grundsätzlich nicht vorgeworfen werden, wenn es zur Verletzung eines strafrechtlich geschützten Rechtsguts kommt. In Ausnahmefällen ist es möglich, dem Fahrer einen Fahrlässigkeitsvorwurf schon dafür zu machen, dass er das automatisierte System in Betrieb genommen hat, wenn eine Fehlfunktion aufgrund besonderer Umstände für ihn absehbar war.

Fraglich ist, wie Fälle aus Sicht des Strafrechts zu bewerten sind, in denen der Fahrer nach Aufforderung durch das System das Steuer schuldhaft nicht wieder zurückübernimmt. Kommt es infolge des Unterlassens der Steuerrückübernahme zur Verletzung eines strafrechtlich geschützten Rechtsguts, kommt eine Strafbarkeit nur in Betracht, wenn den Fahrer eine Pflicht trifft, das Steuer wieder zu übernehmen (Garantenpflicht).

Bisher war eine solche Garantenpflicht im Straßenverkehr nicht Gegenstand von Rechtsprechung und Literatur. Dies hat seinen Grund jedoch nicht in der mangelnden strafrechtlichen Relevanz eines solchen Verhaltens, sondern ist vielmehr dogmatisch begründet. Seither wurde die Beschäftigung des Fahrers mit Fahraufgaben im Straßenverkehr immer als aktives Tun qualifiziert, da eine ständige Auseinandersetzung mit den Fahraufgaben erforderlich war (bei teilautomatisierten Fahrzeugen jedenfalls im Hinblick auf eine ständige Beobachtungs- und Überwachungspflicht). In diesen Konstellationen ist eine Garantenpflicht nicht erforderlich, da bei aktivem Tun sich die Vorwerfbarkeit des Verhaltens bereits aus der Missachtung der Regeln der StVO ergibt. Die Besonderheit bei hochautomatisierten Fahrphasen liegt nun darin, dass eine Beschäftigung mit dem Verkehrsgeschehen oder eine Systembeobachtung regelmäßig nicht stattfinden und so der Schwerpunkt des Verhaltens des Fahrers in einem Unterlassen liegt. Anerkannt ist, dass auch die Verantwortlichkeit für eine Gefahrenquelle zu einer Garantenpflicht führen kann (Fischer et al. 2015, Rn. 60ff.). Da im Führen eines Fahrzeugs eine Gefahrenquelle geschaffen wird, ist anzunehmen, dass auch der Fahrzeugführer grundsätzlich rechtlich dafür einzustehen hat, dass ein strafrechtlich missbilligter Erfolg nicht eintritt und ihn diesbezüglich eine latente Garantenpflicht trifft. Diese tritt jedoch aufgrund der Qualifikation des seitherigen Fahrzeugführens als aktives Tun nicht in Erscheinung bzw. wird von diesem Tun überlagert. Bei hochautomatisierten Fahrphasen tritt die Garantenpflicht jedoch aus ihrer verborgenen Stellung zu Tage und verpflichtet den Fahrzeugführer nach Beendigung der hochautomatisierten Fahrphase wieder die Steuerung des Fahrzeugs zu übernehmen. Unterlässt er dies schuldhaft und kommt es daraufhin zu einer Rechtsgutsverletzung, kommt eine Strafbarkeit in Betracht.

Schließlich ist ausnahmsweise eine Strafbarkeit wegen Unterlassung möglich, wenn während einer hochautomatisierten Fahrphase besondere Umstände eintreten, die beim Fahrer erhebliche Zweifel an der Funktionstüchtigkeit des

Automatisierungssysteme wecken müssen. Beispielhaft kann hier das andauernde Befahren des Rüttelstreifens genannt werden. In einer solchen Situation muss einem besonnenen und gewissenhaften Fahrer auffallen, dass die Automatisierung einen Funktionsfehler aufweist, welcher ihn zum Handeln auffordert. Dabei ist sich der Fahrzeugführer auch regelmäßig bewusst, dass er mit dem Betrieb des Fahrzeugs eine erhöhte Gefahrenquelle schafft und diese ihm nicht ein gänzlich Untätigbleiben gestattet, auch wenn er von der Systemüberwachungs- und Verkehrsbeobachtungspflicht befreit ist. Regelmäßig ist es aufgrund der hohen Geschwindigkeit auch vorhersehbar, dass es bei einem Funktionsfehler des Systems zu einer Rechtsgutverletzung kommen kann. Sofern dann durch eine übersteuernde Handlung eine Rechtsgutverletzung noch vermeidbar wäre, kommt eine Strafbarkeit wegen fahrlässiger Unterlassungstat in Betracht. Der strafrechtliche Vorwurf gründet sich in solchen Fällen nicht auf das Unterlassen der Überwachung des Systems (von dieser Garantenpflicht ist der Fahrer in hochautomatisierten Fahrphasen befreit), sondern auf das Ignorieren besonderer Umstände, die Zweifel an der Systemfunktionalität aufkommen lassen.

Der Fahrer eines teilautomatisierten Fahrzeugs kann sich strafbar machen, wenn er die Überwachung des Systems und des Verkehrsgeschehens unterlässt und es deshalb zu einer Rechtsgutsverletzung kommt.

Eine Strafbarkeit des Fahrers eines hochautomatisierten Fahrzeugs während hochautomatisierten Fahrphasen kommt regelmäßig nicht in Betracht. Strafbarkeit ist nur möglich, wenn:

- **der Fahrer sorgfaltswidrig und schuldhaft übersteuert**
- **der Fahrer es unterlässt, nach korrekter Rückübernahmeaufforderung das Steuer zu übernehmen**
- **besondere Umstände eintreten, die den Fahrer an der Funktionsfähigkeit des Systems zweifeln lassen müssen**

und es hierdurch zu einer Rechtsgutsverletzung kommt.

Eine strafrechtliche Verantwortung des Herstellers bzw. seiner Mitarbeiter könnte dergestalt angenommen werden, dass bspw. dem Softwareprogrammierer oder dem Monteur des Automatisierungssystems ein Vorwurf gemacht werden kann. Das Programmieren bzw. Montieren stellt eine menschliche Handlung dar, an die angeknüpft werden kann, und ist insofern dem Strafrecht grundsätzlich zugänglich. So ist denkbar, dass bei der Herstellung des hochautomatisierten Fahrzeugs die objektive Sorgfaltspflicht z.B. durch den Vertausch zweier Kabel verletzt wurde und es dadurch zu einem Unfall kommt, der die körperliche Integrität oder das Leben einer anderen Person beeinträchtigt. Praktisch wird hier jedoch ein Nachweis dahingehend regelmäßig nicht möglich sein, dass zweifelsfrei feststeht, welcher konkrete Mitarbeiter welche konkrete Handlung vorgenommen hat und worin der Sorgfaltspflichtverstoß lag. Zumal Fehler im Automatisierungsalgorithmus nicht zwangsläufig auf einen menschlichen Fehler zurückzuführen sein müssen, sondern diese aufgrund der Komplexität des Algorithmus auch in diesem selbst liegen können.

5.3.1.3 Strafrechtliche Lücke

Geht man davon aus, dass auch ein Automatisierungssystem fehleranfällig ist und nicht perfekt funktioniert und es auch für einen hochentwickelten Algorithmus zu Situationen kommen kann, die unvorhersehbar sind, dann ist damit zu rechnen, dass es in hochautomatisierten Fahrphasen zu Unfällen kommen wird, bei denen strafrechtlich geschützte Rechtsgüter wie Leben, körperliche Unversehrtheit und Eigentum verletzt werden können. Im Rahmen des zivilrechtlichen Haftungsgefüges müsste für die Folgen eines solchen Unfalls der Hersteller verschuldensunabhängig einstehen (vgl. oben). Im

strafrechtlichen Verantwortungsbereich entsteht in diesem Bereich jedoch eine Lücke, da eine strafrechtliche Verantwortung nur für natürliche Personen besteht. Eine Unternehmensstrafe, mit der der Hersteller belegt werden könnte, existiert in Deutschland nicht.¹²⁵

Es wird folglich zu Rechtsgutsverletzungen kommen können, für die strafrechtlich niemand einzustehen hat. Strafrechtsdogmatisch gesprochen würde der Staat durch die Zulassung solcher Fahrzeuge, die einer dauernden Beobachtung des Verkehrsgeschehens durch den Fahrer nicht bedürfen, das Institut der Sorgfaltspflicht für den Fahrer in hochautomatisierten Fahrphasen aufgeben und die Einstandspflicht, dass ein bestimmter tatbestandlicher Erfolg nicht eintritt, auf ein vom Hersteller entwickeltes Computersystem übertragen, jedoch ohne einen Verstoß gegen diese Pflicht strafrechtlich ahnden zu können.

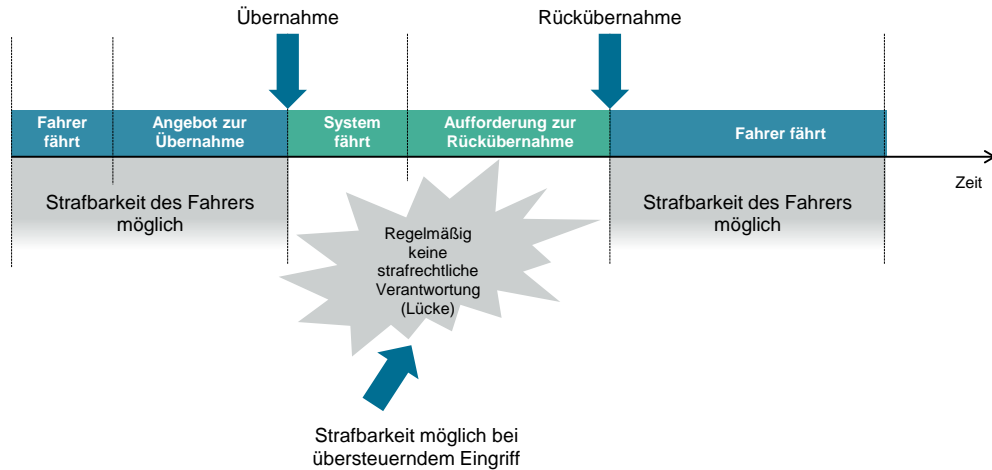


Abbildung 40: Szenario einer hochautomatisierten Autobahnfahrt aus strafrechtlicher Sicht¹²⁶

5.3.2 Schutzpflicht des Staates

Diese Konsequenz berührt die verfassungsrechtlich garantierte Schutzpflicht des Staates, sich schützend vor seine Bürger zu stellen und sie vor rechtswidrigen Eingriffen Dritter zu bewahren. Über die Voraussetzung der Zulassung hochautomatisierter Fahrzeuge übernimmt der Staat seinerseits eigene Mitverantwortung für diese Gefährdungen (BVerfGE 53, 30, Rn. 54, 65ff.). Aufgrund dieser Schutzpflicht obliegt es dem Staat, Verletzungen des Lebens oder der körperlichen Unversehrtheit grundsätzlich auch mit Strafsanktionen zu bedrohen, wenn nur so ein effektiver Schutz gegen Übergriffe Dritter auf diese Rechtsgüter möglich ist (Murswiek 2011, Rn. 191). Ob das Mittel des Strafrechts im konkreten Bereich die notwendige Bedingung für den Schutz dieser Rechtsgüter darstellt oder ob noch andere Mittel die Eignung aufweisen, den Rechtsfrieden zu sichern, kann in diesem Gutachten nicht abschließend geklärt werden. Festzustellen ist jedoch, dass mit zunehmenden Automatisierungsabläufen auch in anderen Bereichen als dem Straßenverkehr die menschliche Handlung in den Hintergrund rückt und Aktionen von Maschinen an Bedeutung gewinnen. Es stellt eine ethisch-moralische Frage dar, ob (schwere) Rechtsgutsverletzungen hingenommen werden können, ohne dafür einen Schuldigen bestimmen zu können. Mit dieser Frage

¹²⁵ Im Rahmen des Ordnungswidrigkeitenrechts ist zwar in § 30 OWiG eine Geldbuße gegen juristische Personen und Personenvereinigungen angelegt, diese knüpft aber auf Tatbestandsebene ebenfalls an die Handlung einer natürlichen Person an.

¹²⁶ Eigene Darstellung

gilt es sich ausführlich auseinanderzusetzen und sie schließlich in einem politischen Prozess zu entscheiden. Politisch wird sich hier insbesondere die Frage stellen, ob es der Bevölkerung vermittelbar ist, dass für derartige Rechtsgutsverletzungen dann häufig kein strafrechtlich Verantwortlicher ausgemacht werden kann. Der Gedanke, dass für großes Unrecht ein (strafrechtlich) Verantwortlicher zur Rechenschaft gezogen werden muss, liegt dem Strafrecht zugrunde und ist im Rechtsbewusstsein der Bevölkerung tief verwurzelt.

Sicherlich nicht mit der Gewährleistung der staatlichen Schutzpflicht vereinbar wäre es jedoch, ein straf- oder ordnungswidrigkeitenrechtliches Verfahren gegen einen Fahrer nur deshalb einstellen zu müssen, weil dieser ein Fahrzeug führt, das mit einem Hochautomatisierungssystem ausgestattet und deshalb unter Anwendung des Zweifelgrundsatzes (in dubio pro reo) davon auszugehen sein könnte, dass die Verletzung eines strafrechtlich geschützten Rechtsguts nicht auf seine Handlung, sondern auf eine Aktion des Systems zurückzuführen ist.

Im Rahmen dieses Berichts sollen grundsätzlich zwei Themenkomplexe aufgegriffen werden, bei denen diese Problematik besondere Relevanz gewinnt. Zum einen ist das das im Raum stehen (schwerere) Straftaten wie Tötung oder Körperverletzung. Zum anderen ist das die mögliche Verwirklichung von (leichten) Delikten wie beispielsweise Geschwindigkeitsübertretungen auf Autobahnen, die wegen ihres potenziell häufigen Auftretens (Massendelikte) der Erörterung bedürfen.

Insoweit könnten wiederum technische Aufzeichnungsgeräte Abhilfe schaffen, welche die Aufklärung sicherzustellen vermögen, ob eine menschliche Handlung vorlag oder nicht. Die rechtliche Auseinandersetzung mit dieser Technik erfolgt im Rahmen des folgenden Kapitels.

Es sind Situationen denkbar, in denen ein Mensch getötet oder verletzt wird, aber niemand strafrechtlich verantwortlich ist, weil das System „schuld“ ist. Ob dies akzeptiert werden kann, bedarf der ethisch-moralischen Diskussion und schließlich der Entscheidung durch die Politik. Zwingend erforderlich ist jedoch die Aufzeichnung, zu welchen Zeitpunkten sich das Fahrzeug in einer hochautomatisierten Fahrphase befand, um Rechtsunsicherheiten und Missbrauch vorzubeugen.

5.4 Datenschutzrecht

5.4.1 Einführung¹²⁷

Beim hochautomatisierten Fahren auf Autobahnen werden, jedenfalls in Phasen des automatisierten Betriebs, von den im Fahrzeug verbauten Sensoren Daten erfasst, verarbeitet und verwendet, die in erster Linie der Strecken- und Spurführung dienen. Daneben werden zwangsläufig auch andere Daten erhoben, wie beispielsweise die Position des Fahrzeugs, die genaue Uhrzeit, aktuelle Geschwindigkeit und Fahrtrichtung. Diese Daten können neben der Strecken- und Spurführung auch für Mehrwertdienste von großem Interesse sein. Des Weiteren kann es im Rahmen entsprechender Geschäftsmodelle auch erstrebenswert sein, über die für die Automatisierung nötigen Daten weitere zu erheben und zu verarbeiten. Beispielhaft seien hier die Bereiche der personalisierten Werbung und der Verkehrstelematik genannt.

Da bislang Konzepte zur konkreten Datenverwendung für mögliche Mehrwertdienste und Geschäftsmodelle sowie die Zuweisung an eine bestimmte datenverarbeitende Stelle nicht ersichtlich sind, kann die Darstellung der datenschutzrechtlichen Bestimmungen nur auf einem abstrakten Niveau erfolgen. Neben der Darstellung der datenschutzrechtlichen Grundlagen tritt eine Erörterung der Voraussetzungen des verpflichtenden Einbaus eines Unfalldatenspeichers. Des Weiteren soll mit dem Zeitstempelabgleich eine Methode erörtert und deren Grenzen aufgezeigt werden, die es ermöglicht, Massendelikte wie Geschwindigkeitsübertretungen handzuhaben, um so die Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Strafrechtspflege zu gewährleisten. Das Datenschutzrecht findet seine Grundlage im Wesentlichen im Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung (BVerfGE 65, 1 („Volkszählungsurteil“)), das die Befugnis des Einzelnen gewährleistet, grundsätzlich selbst über die Preisgabe und Verwendung seiner persönlichen Daten zu bestimmen, sowie dem Bundesdatenschutzgesetz (BDSG¹²⁸). Auf europäischer Ebene liegt ein Verordnungsentwurf zum Datenschutz vor,¹²⁹ der nach seiner Verabschiedung gemäß Art. 288 des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV)¹³⁰ unmittelbare innerstaatliche Geltung erlangen würde. Aufgrund des bislang bloßen Entwurfcharakters dieser Datenschutz-Grundverordnung erfolgt die weitere Darstellung des Datenschutzrechts auf Grundlage des geltenden Rechts.

¹²⁷ Das Datenschutzrecht wird im Rahmen dieses Gutachtens komprimiert dargestellt. Bezüglich der tiefergehenden Darstellung der abstrakten datenschutzrechtlichen Bestimmungen wird auf den Anhang zum Gutachten verwiesen. Alle Erläuterungen beziehen sich auf das aktuell geltende Datenschutzrecht. Zwar wird in absehbarer Zeit eine EU-Datenschutz-Grundverordnung die Grundlage für ein europäisches Datenschutzrecht schaffen, auf die sich EU-Justiz- und Innenminister bereits geeinigt haben. Geplant ist ihre Verabschiedung noch bis Ende des Jahres. Bis dahin können sich an dieser sehr kontrovers diskutierten Verordnung jedoch noch Änderungen ergeben und auch die tatsächliche Verabschiedung kann sich noch deutlich nach Hinten verschieben. Eingedenkend der Übergangsfristen von zumindest zwei Jahren gilt das dargestellte Recht daher voraussichtlich zumindest bis 2018. An den hier dargestellten Grundprinzipien wird sich auch nach neuer Rechtslage voraussichtlich nichts Grundlegendes ändern.

¹²⁸ Bundesdatenschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Januar 2003 (BGBl. I 2003, S. 66), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 25. Februar 2015 (BGBl. I 2015e, S. 162) geändert worden ist.

¹²⁹ Entwurf einer Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten und zum freien Datenverkehr (Datenschutz-Grundverordnung), KOM(2012) 11 endgültig.

¹³⁰ Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union; Fassung aufgrund des am 1. 12. 2009 in Kraft getretenen Vertrages von Lissabon (Konsolidierte Fassung bekanntgemacht im ABl. EG Nr. C 115 vom 9.5.2008, S. 47).

Das BDSG gilt gemäß § 1 Abs. 2 BDSG für die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten. Unter personenbezogenen Daten sind Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbarer natürlichen Person zu verstehen. Die von der Fahrzeugsensorik aufgezeichneten bzw. gespeicherten Daten wie Standort des Fahrzeugs, Identifikationsnummer, Geschwindigkeit und Uhrzeit ermöglichen die genaue Ortung eines identifizierten Fahrzeugs zu einem gewissen Zeitpunkt und letztlich auch die Erstellung eines Bewegungsprofils. Diese Informationen alleine geben zunächst jedoch lediglich Auskunft über den Standort und die Bewegungen eines Fahrzeugs. Wer Halter dieses Fahrzeugs ist oder wer Fahrer des Fahrzeugs ist, lässt sich allein unter Verwendung dieser Informationen noch nicht herausfinden. Insofern handelt es sich bei den Daten wohl auch nicht um personenbestimmende Daten. Personenbestimmbare Daten liegen vor, wenn die Person zwar nicht durch diese Informationen selbst identifiziert werden kann, aber doch durch zusätzliche Kenntnisse zuordenbar ist (Weichert, 2014, Rn. 13). Ob eine Information personenbeziehbar ist oder nicht, lässt sich nicht aus der Angabe allein ableiten, sondern hängt jeweils von möglicherweise vorhandenem Zusatzwissen ab (Roßnagel 2006, S. 281). Wenn über die Einbeziehung dieses Zusatzwissens eine Person bestimmbar ist, so kann dies das Recht auf informationelle Selbstbestimmung dieser Person beeinträchtigen und so den Anwendungsbereich des BDSG eröffnen. Können Angaben ohne unverhältnismäßigen Aufwand einer Person zugeordnet werden, liegt Bestimmbarkeit vor (vgl. § 3 Abs. 6 BDSG). Insofern kann beispielsweise über GPS-Koordinaten der Nutzer eines Fahrzeugs ermittelt werden, indem die regelmäßige Position des Fahrzeugs dem Wohn- oder Arbeitsort dieser Person zugeordnet werden kann (Damann 2011, Rn. 69). Auch erscheint es – jedenfalls für Behörden - mit wenig Aufwand verbunden, den Halter eines hochautomatisierten Fahrzeugs anhand der Identifikationsnummer zu ermitteln. Die vom Fahrzeug erhobenen Daten können somit ein Stück Persönlichkeit eines Einzelnen widerspiegeln und unterfallen so dem Anwendungsbereich des BDSG. Die Anforderungen, die das BDSG an die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung von Daten, die im Zusammenhang mit der Hochautomatisierung stehen, können vereinfacht auf die folgenden sieben Grundsätze reduziert werden: (Bizer 2007, S. 350ff.)

- Rechtmäßigkeit: Datenverwendung ist nur zulässig, wenn das BDSG oder eine andere Rechtsvorschrift sie erlaubt oder der Betroffene einwilligt (Verbot mit Erlaubnisvorbehalt).
- Einwilligung: Der Betroffene muss in freier Entscheidung über die Preisgabe und Verwendung seiner Daten bestimmen können, ohne dass Druck auf ihn ausgeübt wird.
- Zweckbindung: Datenverarbeitung darf nur für die gesetzlich oder durch persönliche Einwilligung geregelten Fälle erfolgen. Die Verarbeitung für andere Zwecke ist unzulässig.
- Erforderlichkeit und Datensparsamkeit: Es dürfen nicht mehr personenbezogene Daten erhoben werden als zur gesetzlichen Zweckerreichung oder zur Zweckerreichung im Rahmen der Einwilligung notwendig sind.
- Transparenz: Betroffene sollen möglichst weitgehend Einblick in die Vorgänge mit ihren Daten haben und müssen ggf. hierüber auch informiert werden.
- Datensicherheit: Daten müssen vor einem unzulässigen Umgang und dabei insbesondere vor Zugriffen Dritter geschützt werden.
- Kontrolle: Trotz des Transparenzgebots ist der Datenumgang für den Betroffenen oftmals intransparent und schwer kontrollierbar, sodass unter gewissen Voraussetzungen institutioneller Schutz vorliegen muss (Datenschutzbeauftragte).

Bei der Einführung hochautomatisierter Fahrzeuge muss daher unter Beachtung dieser Grundsätze für die Verwendung personenbezogener und -beziehbarer Daten eine

Einwilligung des Betroffenen vorliegen oder diese auf einer verhältnismäßigen Ermächtigungsgrundlage beruhen. Dabei dürfen nur solche personenbezogenen oder -beziehbaren Daten erhoben werden, die für die Umsetzung des technischen Hochautomatisierungskonzepts unbedingt erforderlich sind. Es gilt insgesamt, Konzepte zu entwickeln, die datensparsam verwirklicht werden können. Ferner dürfen Daten nur in dem Umfang verarbeitet werden, in dem sie vom Zweck der Ermächtigungsgrundlage gedeckt sind. Beispielsweise dürfen etwaige Abrechnungsdaten im Privatverkehr auch nur für die Erstellung einer Abrechnung verwendet werden. Soweit nach dem Verwendungszweck möglich, sind personenbezogene Daten zu anonymisieren, zu pseudonymisieren oder zu aggregieren. Zur Vermeidung einer Vorratsdatenspeicherung sind angemessene Löschfristen für die Daten vorzusehen. Die genaue Länge dieser Löschfristen lässt sich nur anhand des konkreten Einzelfalls ermitteln. Der unzulässige Umgang mit den Daten durch Dritte muss durch organisatorische und technische Maßnahmen verhindert werden. Insbesondere gilt es, die Daten nach dem aktuellen Stand der Technik zu verschlüsseln sowie die Sicherstellung des Schutzes der datenübermittelnden Komponenten des Fahrzeugs vor Eingriffen von außen zu schützen, um möglichen Hacker-Angriffen vorzubeugen.

5.4.2 Unfalldatenspeicher

Wie bereits in den Kapiteln zum zivilen Haftungsrecht und zum Straf- und Ordnungswidrigkeitenrecht erläutert, stößt der ordentliche Rechtsrahmen hinsichtlich der Beweisbarkeit von Ursächlichkeiten im Zusammenhang mit Unfällen hochautomatisierter Fahrzeuge und der Erhaltung der Funktionstüchtigkeit der Strafrechtspflege an seine Grenze. Zur Handhabung dieser Probleme wird vielfach die verpflichtende Einführung eines Unfalldatenspeichers gefordert. Inwieweit die Einführung eines solchen Unfalldatenspeichers mit dem Datenschutzrecht und dem verfassungsrechtlich garantierten Recht auf informationelle Selbstbestimmung in Einklang zu bringen ist, ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

5.4.2.1 Einführung

Bei einem Unfalldatenspeicher handelt es sich um ein technisches Gerät zur Aufzeichnung und Speicherung bestimmter Daten, die während, vor und nach einem Verkehrsunfall anfallen. Der Zeitraum, während dem Daten aufgezeichnet werden, ist mit einer Größenordnung von etwa 30 Sekunden bis zu einer Minute zu veranschlagen. Dabei kommt dem Unfalldatenspeicher die Aufgabe zu, mit seiner „objektiven Zeugeneigenschaft“ eine Rekonstruktion eines Unfallgeschehens zu ermöglichen.

Forderungen nach einer technischen Datenspeicherung im Zusammenhang mit dem Straßenverkehr werden schon seit Jahren gestellt (Schmidt-Cotta 2000, S. 518ff.; Brenner 2003, S. 360ff.). Diese Arbeit soll nicht die grundsätzliche Prüfung der Rechtmäßigkeit von allgemeinen Fahrdatenspeichern zum Gegenstand haben, sondern sich auf solche Aufnahmegерäte konzentrieren, die Daten im Zusammenhang mit einem Unfall eines hochautomatisierten Fahrzeugs speichern. Bei Unfalldatenspeichern, wie sie hier verstanden werden, überschreibt das System die gespeicherten Daten permanent bzw. intervallartig (beispielsweise im Zeitraum von etwa 30 Sekunden bis zu einer Minute) selbst und beendet einen Überschreibvorgang nur, wenn es zu einem Verkehrsunfall kommt. Anschließend stehen zur Rekonstruktion des Unfallhergangs diejenigen vom Fahrzeug erhobenen Daten zur Verfügung, die unmittelbar vor, während und nach dem Verkehrsunfall erhoben wurden. Die Prüfung soll sich auf die

detektierten Fragen des gerechten Schadensausgleich im Zivilprozess sowie der Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Strafrechtspflege beschränken.¹³¹

5.4.2.2 Eingriff in den Schutzbereich des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung¹³²

Wie bereits im Rahmen der abstrakten datenschutzrechtlichen Erläuterungen dargelegt, ist der Schutzbereich des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung eröffnet und die Anwendbarkeit des BDSG bei der Speicherung von Daten im Zusammenhang mit Fahrzeugen gegeben, da diese Personenbezug aufweisen.

Wird durch eine gesetzliche Normierung die Verwendung von Unfalldatenspeichern in hochautomatisierten Fahrzeugen verpflichtend und werden Ermächtigungsgrundlagen geschaffen, welche die Auslesung des Speichers betreffen, handelt es sich hierbei um einen Eingriff in das Recht auf informationelle Selbstbestimmung, da der Einzelne nicht mehr selbst über die Preisgabe und Verwendung seiner persönlichen Daten entscheiden kann.

5.4.2.3 Rechtfertigung des Eingriffs

Wie durch das Volkszählungsurteil des Bundesverfassungsgerichts festgestellt, hat der Einzelne kein Recht im Sinne einer absoluten und uneingeschränkten Herrschaft über seine personenbezogenen Daten. (BVerfGE 65, 1, Rn. 43ff.) Einschränkungen seines Rechts auf informationelle Selbstbestimmung sind jedoch nur zulässig, wenn ein überwiegendes Allgemeininteresse dies fordert. Dabei bedarf die Einschränkung einer verfassungsgemäßen einer gesetzlichen Grundlage, die dem rechtsstaatlichen Gebot der Normenklarheit entsprechen muss. Ebenfalls muss dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz Beachtung geschenkt werden. Darüber hinaus ist die Schutzpflicht des Staates angesprochen, organisatorische und verfahrensrechtliche Vorkehrungen zu treffen, welche der Gefahr einer Verletzung des Persönlichkeitsrechts entgegenwirken (BVerfGE 65, 1, Rn. 43ff. Leitsatz 2). Nach Maßgabe dieser Forderungen an den Gesetzgeber ist die verpflichtende Speicherung der Fahrdaten im Rahmen eines Verkehrsunfalls nur zulässig, wenn sie dem Schutz und der Förderung von überwiegenden Allgemeininteressen dient.

Als solche überwiegenden Allgemeininteressen könnten namentlich der gerechte Schadensausgleich im Zivilprozess durch Beseitigung von Beweisschwierigkeiten sowie die Erhaltung der Funktionstüchtigkeit der Strafrechtspflege in Betracht kommen. Verfassungsrechtlich und datenschutzrechtlich zulässig ist ein verpflichtender Unfalldatenspeicher jedoch nur, wenn er dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit dergestalt genügt, dass der Eingriff geeignet und erforderlich ist, um das staatlich verfolgte Ziel zu erreichen und schließlich auch zumutbar im Sinne eines Zurücktretens des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung hinter diesen Allgemeininteresse ist.

Gerechter Schadensausgleich im Zivilprozess

Vordergründig erschiene eine gesetzlich motivierte Einführungsverpflichtung von Unfalldatenspeichern zur Beseitigung der im Kapitel „Haftungsrecht“ aufgezeigten

¹³¹ Für die Einführung auf Grundlage der Motivation zur Verbesserung der allgemeinen Verkehrssicherheit läge die Gesetzgebungskompetenz gem. Art. 91 Abs. 1 c) AEUV beim europäischen Gesetzgeber.

¹³² Geprüft wurde hier nur das Recht auf informationelle Selbstbestimmung und datenschutzrechtliche Fragen in Bezug auf den Fahrer. Je nach Ausgestaltung des Unfalldatenspeichers (z.B. Bild- oder Tonaufnahmen) ist es nicht ausgeschlossen, dass auch Beifahrer oder Dritte betroffen sind. Eine abschließende (datenschutz)rechtliche Beurteilung des Unfalldatenspeichers in jeder möglichen technischen Ausgestaltung, konnte im Rahmen dieses Gutachtens jedoch aus Gründen der Schwerpunktsetzung nicht erfolgen.

Beweisprobleme als reines Privatinteresse, denn es geht im Zivilprozess regelmäßig nur um einen Parteienstreit, der auf die Allgemeinheit grundsätzlich keine Auswirkungen hat. Gleichzeitig werden aber Interessen der Versichertengemeinschaft berührt, wenn durch ungenügende Unfallaufklärungsmöglichkeiten die Beweislage so verschlechtert wird, dass die Kosten für eine Kfz-Haftpflichtversicherung steigen würden. Da bei einem Unfall unter Beteiligung hochautomatisierter Fahrzeuge dem Halter bzw. dessen Haftpflichtversicherung ohne einen Unfalldatenspeicher als „objektiven Zeugen“ der Nachweis eines Produktfehlers regelmäßig nicht oder nur äußerst schwierig zu erbringen sein wird, wäre mit einem Anstieg der Versicherungsbeiträge zur Deckung des Ausgleichs zu rechnen.¹³³ Der Unfalldatenspeicher ist geeignet, diese Beweisnot eines Geschädigten zu mildern, indem dieser über eine Anordnung des Gerichts gemäß § 142 Abs. 1 ZPO erreichen kann, dass der Unfalldatenspeicher als Beweismittel in den Prozess eingeführt wird. Zwar spricht § 142 Abs. 1 ZPO hinsichtlich einer Vorlagepflicht lediglich von Urkunden und sonstigen Unterlagen, jedoch ist davon auch jede andere Art der Informationsspeicherung – wie diejenige in einem Unfalldatenspeicher – erfasst (Selle 2015, Rn. 7, 7.1). Die gebotene Erforderlichkeit eines Unfalldatenspeichers ergibt sich aus der mangelnden anderweitigen Minderungsmöglichkeit dieser Beweisnot dahingehend, welcher Beitrag zum Verkehrsunfall vom System und welcher vom menschlichen Fahrer verursacht wurde. Da das hochautomatisierte Fahrzeug jederzeit vom Fahrer übersteuert werden können muss, wäre eine Speicherung bzw. Auslesung lediglich der binären Information, ob das System zum Unfallzeitpunkt ein- oder ausgeschaltet war, nicht ausreichend.

Hinsichtlich der Zumutbarkeit des verpflichtenden Einbaus eines Unfalldatenspeichers dürfte ausschlaggebend sein, dass der Kauf bzw. die Verwendung eines hochautomatisierten Fahrzeugs auf freiwilliger Basis erfolgt und der betroffene Fahrzeugführer sich die fortschreitende Technologie selbst zu Nutze macht, die diese Beweisnot beim Geschädigten erzeugt. Insofern hat er aller Voraussicht nach den vergleichsweise schwachen Eingriff in sein Recht auf informationelle Selbstbestimmung hinzunehmen. Von einem „gläsernen Autofahrer“ kann bei technischer Implementierung der datenschutzrechtlichen Voraussetzungen bei der Speicherung bzw. dem Auslesen der Informationen nur im Rahmen eines Unfalls die Rede sein, zumal dem Fahrzeugführer des hochautomatisierten Fahrzeugs der Unfalldatenspeicher auch für seine zivilrechtliche Entlastung zu Gute kommt.

Erhaltung der Funktionstüchtigkeit der Strafrechtspflege

Auch im Rahmen der Funktionstüchtigkeit der Strafrechtspflege gebietet es die staatliche Schutzpflicht, eine zuverlässige Möglichkeit zur Rekonstruktion von Unfallgeschehen zu schaffen, da ansonsten Situationen eintreten können, in denen nicht geklärt werden kann, ob und in welchem Maße das System oder der Fahrer für das Unfallgeschehen strafrechtlich verantwortlich waren. Daneben sind auch Missbrauchssituationen denkbar, in denen ein möglicher Täter in einer hochautomatisierten Phase übersteuernd in das Fahrgeschehen eingreift und hierdurch vorsätzlich ein geschütztes Rechtsgut zu verletzen versucht.

Die Funktionstüchtigkeit der Strafrechtspflege liegt im Allgemeininteresse, denn nur durch die Aufklärung insbesondere schwerer Straftaten ist ein effektiver Schutz gegen Übergriffe Dritter auf diese Rechtsgüter möglich und für die Durchsetzung von Gerechtigkeit gegenüber aller Bürger unerlässlich (Murswiek 2011, Rn. 191). Zur Aufklärung der Ursächlichkeit eines Verkehrsunfalls und der darauf aufbauenden Beantwortung der Frage nach strafrechtlicher Verantwortung wäre ein

¹³³ So auch Brenner allerdings hinsichtlich des umgekehrten Falls beim konventionellen Straßenverkehr, dass durch die Einführung von Unfalldatenspeichern die Versichertengemeinschaft entlastet wird, weil die Beweiserbringung vereinfacht wird. (Brenner 2003, S. 365)

Unfalldatenspeicher geeignet, denn über die aufgezeichneten Daten lässt sich feststellen, ob das System aktiviert war oder nicht.

Sein verpflichtender Einbau in hochautomatisierte Fahrzeuge wäre auch erforderlich, denn mildere Mittel, mit denen eine Aufklärung erreicht werden kann, sind nicht ersichtlich. Wie schon im Abschnitt zum Zivilprozess dargestellt, würde eine rein binäre Information, ob das System aktiv war oder nicht, zwar einen milderen Eingriff darstellen, eine gleichbedeutende Zweckerreichung wäre jedoch insbesondere vor dem Hintergrund der oben beschriebenen Missbrauchssituation bei übersteuerbaren Systemen –nicht gewährleistet.

Hinsichtlich der Frage der Zumutbarkeit des Eingriffs ist voranzustellen, dass der Nutzer eines hochautomatisierten Fahrzeugs dieses auf grundsätzlich freiwilliger Basis betreibt. Wird der Fahrer im öffentlichen Straßenraum in einen Unfall verwickelt, so hat er seine besonders schützenswerte Privat- oder Intimsphäre bereits verlassen (Brenner 2003, S. 364). Ausschlaggebend im Rahmen einer Abwägung der in Ausgleich zu bringenden Rechtsgüter dürfte sein, dass der Fahrer eines hochautomatisierten Fahrzeugs sich den technischen Fortschritt der Fahrzeugautomatisierung zu Nutze macht. Es wäre kaum nachzuvollziehen, dass sich dieser dann - unter dem Deckmantel des Datenschutzes - einer strafrechtlichen Verantwortung entziehen könnte. Wer selbst die Freiheit des Straßenverkehrs in Anspruch nimmt und seine Sicherheit gewährleistet wissen will, dem können in den Grenzen der Grundrechte und des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit auch Mitwirkungspflichten auferlegt werden, die der Gewährleistung der Sicherheit für alle zu dienen bestimmt und geeignet sind (BVerfG, 07.12.1981 – 2 BvR 1172/81). Insofern dürfte auch einem Einwand des Verstoßes gegen den strafprozessualen Grundsatz der Selbstbeziehungsfreiheit der argumentative Boden entzogen sein.

Zur Aufklärung, ob für ein Unfallereignis ein fehlerhaftes System ursächlich war, oder ob den Fahrer die Verantwortung trifft, kann ein verpflichtender Unfalldatenspeicher für hochautomatisierte Fahrzeuge vorgeschrieben werden.

In jedem Fall bedarf es für die Verpflichtung zum Einbau eines Unfalldatenspeichers einer verhältnismäßigen Ermächtigungsgrundlage oder einer Einwilligung des Betroffenen. Um dem Erforderlichkeits- und Sparsamkeitsgrundsatz Genüge zu tun, bedarf es weiterhin einer Löschfrist für die nach einem Unfall grundsätzlich dauerhaft gespeicherten Daten. Hier bietet sich an, sich an der haftungsrechtlichen Verjährungsfrist von 3 Jahren¹³⁴ zu orientieren, denn spätestens wenn ein Schadenersatzanspruch verjährt ist, besteht regelmäßig kein rechtliches Interesse, die Daten weiter vorzuhalten. Der Grundsatz der Datensicherheit gebietet es weiterhin, dass der Unfalldatenspeicher technisch gegen das Auslesen der Daten durch Unbefugte geschützt sein muss. Im Rahmen der Strafverfolgung wäre wünschenswert, dass der Zugriff auf die Daten durch Strafverfolgungsbehörden unter Richtervorbehalt gestellt wird.

5.4.3 Zeitstempelabgleich

Wie im Kapitel Straf- und Ordnungswidrigkeitenrecht erörtert, ist in hochautomatisierten Fahrphasen eine straf- oder ordnungswidrigkeitenrechtliche Handlung des Fahrzeugführers regelmäßig nicht gegeben. Führt daher ein hochautomatisiertes Fahrzeug in einer solchen Phase mit zu hoher Geschwindigkeit, ist

¹³⁴ Vgl. § 195 BGB für deliktische und gefährdungshaftungsrechtliche Ansprüche.

ein Anknüpfungspunkt für eine Ordnungswidrigkeit und ein Bußgeld an den menschlichen Fahrer nicht gegeben. Dies birgt die Gefahr, dass der Fahrer eines hochautomatisierten Fahrzeugs im Einspruchsverfahren gegen den Bußgeldbescheid einwenden wird, dass er zum Zeitpunkt der Verfehlung von seiner Überwachungspflicht befreit und das System folglich für die Geschwindigkeitsübertretung verantwortlich war.

Zur Klärung der Frage, ob für die Geschwindigkeitsübertretung eine menschliche Handlung wie bspw. ein Tritt aufs Gaspedal ursächlich war oder ob diese auf einem Systemfehler beruhte, bietet sich wiederum die technische Aufzeichnung bestimmter Fahrzeugdaten an. In Betracht kommt, die genaue Uhrzeit der Geschwindigkeitsmesseinrichtungen zum Zeitpunkt der Verfehlung mit den Zeit- und Systemzustandsdaten aus dem Fahrzeug zum selben Zeitpunkt zu vergleichen. Fahrzeugseitig wäre es hierfür erforderlich, dass aufgezeichnet und gespeichert wird, in welchem Zustand (manuell oder automatisiert bzw. übersteuert) sich das Auto zu einem gewissen Zeitpunkt (Zeitstempel) befand. Behördenseitig könnte dieser Zeitstempel des Fahrzeugs mit der Uhrzeit der Geschwindigkeitsmesseinrichtung abgeglichen werden und so eine Feststellung ermöglicht werden, in welcher Fahrphase der Geschwindigkeitsverstoß geschah.

Datenschutzrechtlich dürfte dieses Vorgehen – vorbehaltlich der Art der konkreten Umsetzung insbesondere des Speicherorts der Daten – als geringer und zu rechtfertigender Eingriff in das Persönlichkeitsrecht zu bewerten sein, denn von einer besonderen Sensibilität der reinen Fahrzeugzustands- und Uhrzeitdaten wird wohl nicht auszugehen sein. Auch hier gilt es jedoch, die oben dargestellten datenschutzrechtlichen Grundsätze insbesondere in Bezug auf Rechtmäßigkeit, Erforderlichkeit und Sicherheit einzuhalten.

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass diese Methode des Zeitstempelabgleichs einige weitere Fragen aufwirft. So stellen sich beispielsweise eichrechtliche Fragen in Bezug auf die verschiedenen Arten der verwendeten Geschwindigkeitsmesseinrichtungen (Laserpistole, Radar, Lichtschranken etc.). Auch ist diese Methode nur wirksam, wenn sie sich auf ein bestimmtes Zeitmoment bezieht. Bei Abschnittskontrollen, bei denen die Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen zwei Messpunkten ermittelt wird, stößt die Methode des Zeitstempelabgleichs bei Aktivierung oder Deaktivierung des Systems zwischen diesen Messpunkten an ihre Grenzen. Auch vermag diese Methode nur Geschwindigkeitsübertretungen nachzuweisen, weitere Verfehlungen wie beispielsweise ein zu geringer Abstand zum Vorausfahrenden können hierdurch jedoch nicht geahndet werden. Insofern ist in diesem Bereich weiterer Forschungsbedarf gegeben.

Zur Aufklärung, ob für eine Geschwindigkeitsübertretung ein fehlerhaftes System ursächlich war oder ob den Fahrer die Verantwortung trifft, kann die Uhrzeit des Regelverstoßes mit einem Zeitstempel im Fahrzeug abgeglichen werden, auf welchem die Fahrphasen aufgezeichnet und gespeichert werden.

5.5 Fazit

Die Möglichkeit der Einführung von Fahrzeugsystemen für hochautomatisierte Autobahnfahrten hängt erheblich vom diesbezüglichen rechtlichen Rahmen ab. Im Rahmen der rechtswissenschaftlichen Begutachtung konnte festgestellt werden, dass sich die Frage nach der Zulässigkeit von Fahrzeugautomatisierungssystemen in weiten Bereichen nicht nach dem einfach-innerstaatlichen Recht, sondern neben der Verfassung insbesondere nach multilateralen völkerrechtlichen Verträgen richtet. Bisher steht dem hochautomatisierten Fahren auf völkerrechtlicher Ebene insbesondere das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr aus dem Jahre 1968 (WÜ) entgegen, dessen Ziel es ist, den internationalen Straßenverkehr zu erleichtern und die Sicherheit auf den Straßen durch Annahme einheitlicher Verkehrsregeln zu erhöhen.

Dieses Abkommen belegt den Fahrzeugführer mit der Pflicht, ständig sein Fahrzeug zu beherrschen. Fahrer teilautomatisierter Fahrzeuge können dieser Verpflichtung nachkommen, wenn sie das Verkehrsgeschehen und das System dauerhaft überwachen und so jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahrzeugführung bereit sind. Bei hochautomatisierten Fahrzeugen ist jedoch eine solche Übernahmebereitschaft nicht zu jeder Zeit gegeben, sondern erst nach Aufforderung durch das System mit ausreichender Zeitreserve. Insofern ist hochautomatisiertes Fahren mit dem Beherrschungsgrundsatz des WÜ nicht vereinbar und vom derzeitigen Rechtsrahmen nicht gedeckt.

Sollten – wie es als wahrscheinlich gilt – angestoßene Änderungen des WÜ bzgl. dieser Beherrschungspflicht angenommen werden, wäre dessen Anwendungsbereich für die Frage nach der Zulassung automatisierter Fahrzeuge stark eingeschränkt. Dann richtet sich die Zulässigkeit hochautomatisierter Fahrzeuge im Wesentlichen nach einem weiteren völkerrechtlichen Vertrag – dem Fahrzeugteileübereinkommen von 1958 (FTÜ) – auf dessen Grundlage technische Regelwerke für Kraftfahrzeuge (ECE-Regelungen) erlassen wurden.

Von diesen Regelungen steht insbesondere ECE-R 79, welche die technischen Anforderungen für Lenkanlagen zum Gegenstand hat, der Einführung hochautomatisierter Fahrzeugsysteme entgegen. Diese Regelung gestattet zwar einen automatisierten Eingriff in die Querführung (Lenkung) des Fahrzeugs durch Fahrerassistenz-Lenkanlagen, dabei darf jedoch der Fahrer die Hauptverantwortung über die Fahrzeugführung nicht abgeben und Eingriffe sind nur im unteren Geschwindigkeitsbereich oder zur Spurführungskorrektur zulässig. Durch Abkehr von der Hauptverantwortungspflicht und Erhöhung des zulässigen Geschwindigkeitsbereichs könnte dieses Hemmnis beseitigt werden. ECE-R 6, welche Regelungen zu Fahrtrichtungsanzeigern zum Gegenstand hat, ist ebenfalls noch nicht für hochautomatisiertes Fahren ausgelegt. So sieht diese Regelung eine automatisierte Aktivierung des Fahrtrichtungsanzeigers nicht vor, vielmehr muss er manuell bedient werden.

Auf nationaler Ebene kann von der verhaltensrechtlichen Beherrschungspflicht des Fahrers über das Fahrzeug und der Pflicht zur Beobachtung des Verkehrsgeschehens abgerückt werden, wenn zulassungsrechtlich sichergestellt ist, dass hochautomatisierte Fahrzeuge in der Lage sind, die Straßenverkehrsregeln der StVO analog eines menschlichen Fahrers anzuwenden. Eine Normierung der Fahrweise des hochautomatisierten Fahrzeugs in der StVO ist dabei nicht zielführend, da das Recht nur menschliches Verhalten adressieren kann. Im Rahmen des Zulassungsrechts kann der Mensch jedoch adressiert und verpflichtet werden, Automatisierungssysteme so zu konstruieren, dass von ihnen keine Gefahren ausgehen. Bezüglich der straßenverkehrsrechtlichen Normierung hochautomatisierter Fahrzeuge wird daher die StVO-konforme Fahrweise bereits zulassungsrechtlich sicherzustellen sein. Um Fahrten mit Grenzbezug und im Ausland ermöglichen zu können, ist es auf langfristige Sicht zweckmäßig, die teils unterschiedlichen Straßenverkehrsregeln einzelner Staaten zu harmonisieren, um die technischen Entwicklungen nicht für jeden einzelnen Staat durchführen zu müssen, sondern sich auf harmonisierte Regeln konzentrieren zu können.

Änderungen der internationalen und nationalen Rechtssätze bzw. deren Zustimmung stehen jedoch von deutscher Seite unter dem verfassungsrechtlichen Vorbehalt der Schutzpflicht des Staates und dürfen erst erfolgen, wenn hochautomatisierte Fahrzeugsysteme sicherheitstechnisch so ausgereift sind, dass sie die Rechtsgüter anderer nicht gefährden.

Als besonderes Hemmnis haben sich hier die rechtlichen Anforderungen an die technische Bilderkennung und -verarbeitung herausgestellt. So muss beispielsweise ein Bremsassistent zwischen einem schützenswerten Objekt (Mensch) auf dem Fahrstreifen und einem nicht schützenswerten Objekt (aufgewirbelte Plastiktüte) zuverlässig unterscheiden können. Diese Verpflichtung zur technischen Reife kann unmittelbar aus § 4 Abs. 1 S. 2 StVO abgeleitet werden, der besagt, dass ein vorausfahrendes Fahrzeug

nicht ohne zwingenden Grund stark abbremsen darf. Undenkbar wäre es, wenn ein automatisiertes Fahrzeug eine Vollbremsung einleitet und dadurch den rückwärtigen Verkehr stark gefährdet, nur weil eine ungefährliche Plastiktüte aufgewirbelt wird. Umgekehrt wäre es jedoch auch undenkbar, wenn ein Automatisierungssystem ein schützenswertes Objekt überfährt, weil es als nicht schützenswert eingestuft wird. Ein Kernproblem aus ordnungsrechtlicher Sicht liegt daher in der zuverlässigen technischen Wahrnehmung von Verkehrssituationen. Mit dieser Herausforderung eng verknüpft ist auch die Notwendigkeit der zuverlässigen Erkennung und Einordnung von Verkehrszeichen (Verkehrsschilder und Fahrbahnmarkierungen). Sofern Systeme auch im Ausland eingesetzt werden sollen, müssen auch dort die in der Form und Darstellung ggf. abweichenden Verkehrszeichen sicher erkannt werden. Vorteilhaft wäre eine weitgehende Harmonisierung dieser Verkehrszeichen.

Die Frage nach der Zulässigkeit von Nebentätigkeiten während hochautomatisierten Fahrphasen hängt stark von der Dauer des Übergabezeitraums zwischen automatisierter und manueller Fahrphase ab. Bei genügender Ausfallsicherheit und Verlässlichkeit des Fahrzeugautomatisierungssystems ist die Zulassung solcher Nebentätigkeiten möglich, die fahrzeugseitig bzw. fahrzeugintegriert angeboten werden. Hinsichtlich des Umfangs der Nebentätigkeiten bedarf es über die bereits angestoßene Forschung noch weiterer Evaluierung, insbesondere um die notwendige Übergabezeit vom System auf den Fahrer aus verhaltenspsychologischer Sicht rechtssicher zu ermitteln.

Im Bereich der Haftung im Schadensfall hat sich in Deutschland über die letzten Jahrzehnte ein feingliedriges Haftungskonzept bestehend aus Halter-, Fahrer- und Produkt- bzw. Produzentenhaftung entwickelt. Dieses konventionelle Haftungskonzept lässt sich auch auf hochautomatisierte Fahrzeuge anwenden, sodass hier mangels Haftungslücken kein unmittelbarer rechtlicher Handlungsbedarf gegeben ist.

Bei konventionellen Fahrzeugen liegt der Haftungsschwerpunkt in der Praxis im Bereich der Straßenverkehrshaftung (Halter- und Fahrerhaftung) und nur im geringen Maße in der Haftung für Produktfehler. Mit Einführung hochautomatisierter Fahrzeuge könnte sich dieser Schwerpunkt jedoch verschieben mit der Folge, dass die Fahrzeug- bzw. Systemhersteller häufiger in die Pflicht genommen werden. Vor dem Hintergrund der Übernahme vermehrter Fahraufgaben durch das System und die damit einhergehende Entlastung des Fahrers ist eine solche Haftungsverschiebung angemessen, denn mit zunehmender Fahrzeugautomatisierung wächst auch der Anteil haftungsrechtlicher Verantwortung für die Herstellung der Automatisierungssysteme.

Teilen sich der menschliche Fahrer und das computergesteuerte System die Fahraufgaben, kann das im Einzelfall jedoch zu erheblichen Beweisschwierigkeiten führen. Zur Aufklärung der Frage, ob und ggf. zu welchem Anteil an einem Unfall der menschliche Fahrer schuld war oder das System die Ursache gesetzt hat, ist eine verpflichtende Ausstattung hochautomatisierter Fahrzeuge mit Unfalldatenspeichern erforderlich, die eine Rekonstruktion des Unfallgeschehens erlauben. Zur bestmöglichen Wahrung des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung sollte bei der Konzeption des Unfalldatenspeichers jedoch auf Datensparsamkeit und nur selektive Auslesbarkeit der Daten im Haftungsfall oder für Zwecke der Strafverfolgung geachtet werden.

Das Straf- und Ordnungswidrigkeitenrecht soll menschliches Fehlverhalten sanktionieren und ist nur bei Handlungen eines Menschen anwendbar. Wird der Fahrer von der Pflicht zur Bewältigung der Fahraufgaben befreit, scheidet er als Adressat der Straf- und Ordnungswidrigkeitentatbestände aus. Das Fahrzeug scheidet in Ermangelung menschlichen Handlungsvermögens ebenfalls aus. Insofern werden in hochautomatisierten Fahrphasen Strafbarkeitslücken entstehen. Wird auf gesellschaftlicher und politischer Ebene die Konsequenz akzeptiert, dass Automatisierungssysteme strafrechtlich geschützte Rechtsgüter verletzen können, ohne dass hierfür jemand strafrechtlich zur Verantwortung gezogen werden kann, ist hochautomatisiertes Fahren mit dem Straf- und Ordnungswidrigkeitenrecht vereinbar, wenn mittels technischer Aufzeichnungsgeräte wie z.B. Unfalldatenspeicher die

strafrechtliche Lücke auf ein Minimum reduziert wird, um Rechtsunsicherheiten vorbeugen und Missbrauch begehen zu können.

Je nach technischer Ausgestaltung der Fahrzeugautomatisierung können beim Fahrzeugbetrieb unzählige Fahr- und Umweltdaten anfallen. Zum Schutz des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung müssen hinsichtlich des Personenbezugs der Daten die Grundsätze des Bundesdatenschutzgesetzes eingehalten werden.

Insbesondere darf die Erfassung personenbezogener Daten nur aufgrund einer jeweils gesondert zu schaffenden Rechtsgrundlage erfolgen oder bedarf der Einwilligung des Betroffenen. Auch dann dürfen Daten jedoch nur sparsam erhoben werden und das auch nur, wenn sie für den verfolgten Zweck unbedingt erforderlich sind.

Der Vergleich mit den Referenzstaaten hat ergeben, dass eine Änderung bzgl. des ordentlichen Rechtsrahmens bisher in den betrachteten Staaten nicht erfolgt ist. Als rechtlich fortschrittlichster Referenzstaat im internationalen Vergleich können die USA angesehen werden. Einige Bundesstaaten der USA haben bereits Gesetze erlassen, welche Erprobungsfahrten für autonome Fahrzeuge zum Gegenstand haben. Die USA sehen sich durch die Bindung an das Genfer Übereinkommen über den Straßenverkehr von 1949 und die darin normierten Beherrschungspflichten des Fahrers über sein Fahrzeug jedoch ähnlichen Hürden auf dem Weg zum automatisierten Fahren gegenüber wie dies für Deutschland der Fall ist. Daneben existiert in den USA ein für Fahrzeughersteller risikobehaftetes und wenig kalkulierbares Haftungsrecht. Riskiert ein Unternehmen einen Unfall durch ein hochautomatisiertes Fahrzeug, riskiert es auch hohe Strafschadensersatzleistungen („punitive damages“), was letztlich auch zur Einhaltung hoher Sicherheitsstandards zwingt. Insofern kann von einem klaren Wettbewerbsvorteil der USA oder der anderen betrachteten Staaten bzgl. der Fahrzeugautomatisierung aus rechtlicher Sicht nicht gesprochen werden.

6 Vergleich der rechtlichen Rahmenbedingungen und politischen Aktivitäten in ausgewählten Ländern

In diesem Abschnitt wird der rechtliche und politische Rahmen der sechs Referenzstaaten (USA, Großbritannien, Frankreich, Japan, Singapur und China) im Hinblick auf das automatisierte Fahren betrachtet. Dabei konzentriert sich die rechtliche Betrachtung auf das Zulassungsrecht bzgl. der völkerrechtlichen Bindungswirkung einschlägiger überstaatlicher Abkommen. Soweit aufgrund der sprachlichen Barrieren möglich, sind auch Ausblicke auf das Verhaltens- und Haftungsrecht Gegenstand dieses Abschnitts. Des Weiteren erfolgt ein Überblick über politische Maßnahmen, welche in den Referenzstaaten im Hinblick auf das automatisierte Fahren umgesetzt bzw. angekündigt werden. Ziel dieser vergleichenden Betrachtung soll es sein, den rechtlichen und politischen Fortschritt der Staaten aufzuzeigen um daraus mögliche industriepolitische Maßnahmen für Deutschland ableiten zu können. Im Fokus der Betrachtung stehen hierbei die jeweilige politische Zielsetzung zum Thema Fahrzeugautomatisierung, laufende und geplante F&E-Förderprogramme sowie die Art und Intensität der Vernetzung zwischen Politik und Industrie. Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt dabei auf den USA, da diese hinsichtlich ihrer rechtlichen Auseinandersetzung mit dem Thema Fahrzeugautomatisierung und diesbezüglicher politischen Innovationen als am fortschrittlichsten gelten.

6.1 USA

Anders als Deutschland sind die USA weder Vertragspartei des WÜ noch des FTÜ. Insofern ist eine Bindungswirkung der USA an diese internationalen Verträge nicht gegeben, was die Zulassung hochautomatisierter Fahrzeuge betrifft. Zwar sind die USA Vertragspartei des GTR-Abkommens¹³⁵, dieses verpflichtet jedoch nicht zur Regelungsumsetzung in nationales Recht.

Die USA sind zudem Vertragspartei des Genfer Übereinkommens über den Straßenverkehr von 1949 (UN 1949). Im Wesentlichen sind dort hinsichtlich der Beherrschungspflicht des Fahrers über sein Fahrzeug ähnliche Anforderungen formuliert wie im WÜ („Jedes Fahrzeug muss einen Führer haben“, „Der Führer muss dauernd in der Lage sein, sein Fahrzeug zu beherrschen“ etc.; vgl. Art. 8 Abs. 1 und Abs. 5 des Genfer Übereinkommens von 1949). Daher ist davon auszugehen, dass auch die USA völkerrechtlich an die Beherrschungspflicht gebunden sind und deshalb materiell-rechtlich vor ähnlichen Hürden bzgl. der Zulassung automatisierter Fahrzeuge stehen wie Deutschland.

Ähnlich wie in Deutschland und den Staaten, die dem WÜ und dem FTÜ beigetreten sind, existieren auch in den USA technische Regelungen, die die Zulässigkeit von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen zum Gegenstand haben (NHTSA 2015). Dabei geht es ebenfalls um die Erhöhung der Verkehrssicherheit sowie die Verringerung der Umweltbelastungen und des Treibstoffverbrauchs. Die Entwicklung und Durchsetzung dieser Regelungen obliegt dabei der „National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)“.

Die FMVSS-Regelungen, die aus Sicht des Regelungsgegenstandes mit den ECE-Regelungen vergleichbar sind, enthalten keine den Art. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ oder ECE-Regelung 79 vergleichbaren Regelungen, die gegen eine

¹³⁵ Eine Übersicht der Vertragsparteien des GTR-Abkommens findet sich im Internet unter: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/ECE-TRANS-WP.29-343-Rev.23.pdf> S. 37. (zuletzt abgerufen am 15.04.2015).

Hochautomatisierung oder gar Vollautomatisierung von Kfz sprechen (Smith, 2014, S. 458; Kalra/Anderson/Wachs 2009, S. 39). Die Regelungen, die das Verhalten im Straßenverkehr zum Gegenstand haben, fallen in die Gesetzgebungskompetenz der Bundesstaaten. Insofern sind in den einzelnen Bundesstaaten unterschiedliche Zulässigkeitsvoraussetzungen hinsichtlich automatisierter Fahrzeuge zu verzeichnen.¹³⁶ Aufgrund des innerstaatlichen Fortschritts soll im Folgenden der Rechtsrahmen der Bundesstaaten Nevada und Kalifornien vertieft dargestellt werden.

Mit Wirkung vom 1. März 2012 wurde in Nevada ein Gesetz erlassen, das es dem dortigen Verkehrsministerium ermöglicht, Regelungen bzgl. der Zulassung autonomer Fahrzeuge zu Versuchszwecken auf öffentlichen Straßen zu erlassen (Nevada Legislative Counsel Bureau 2011). In diesem Gesetz werden „autonome Fahrzeuge“ wie folgt definiert: „a motor vehicle that uses artificial intelligence, sensors and global positioning system coordinates to drive itself without the active intervention of a human operator“. Darüber hinaus können auf Grundlage dieses Gesetzes Regelungen erlassen werden, die Führerscheinfragen, den Versicherungsschutz und Sicherheitsfragen betreffen. Diese Regelungen sind in „LCB File No. R084.11“ niedergeschrieben (Nevada Legislative Counsel Bureau 2012, Section 8).

Auszugsweise müssen folgende Voraussetzungen für die Zulassung vorliegen:

- Die verwendete Technik muss detailliert beschrieben und demonstriert werden.
- Die gewünschte Teststrecke muss der Behörde angezeigt und von dieser genehmigt werden.
- Interessenten müssen zur Beantragung der Testlizenz nachweisen, dass sie ein autonomes Fahrzeug bereits über 10.000 Meilen betrieben haben.
- Ferner müssen auf Autobahnfahrten zwei Fahrer anwesend sein, die im Besitz einer Fahrerlaubnis sind und das Fahrzeug notfalls übersteuern können.

Mit Wirkung zum 1. Juli 2013 wurden diese Regelungen noch erweitert und in Gesetzesform überführt (Nevada Legislative Counsel Bureau). Danach muss vor der Zulassung ein Sicherheitsnachweis in Höhe von 5 Mio. US-\$ hinterlegt werden. Das Fahrzeug muss mit einem Schalter ausgestattet sein, über den sich die Automatik ein- und ausschalten lässt. Im Fahrzeuginnenraum muss eine optische Anzeige verbaut sein, die deutlich macht, ob das Fahrzeug im manuellen oder im autonomen Betrieb ist. Ferner sind die Fahrzeuge mit einer Warnfunktion zu versehen, die aktiv wird, wenn Systemgrenzen erreicht werden. Schließlich ist auch ein Unfalldatenspeicher vorgeschrieben, der die letzten 30 Sekunden vor einer Kollision mit einem anderen Fahrzeug, einem Objekt oder einer Person aufzeichnet und abspeichert. Die Daten dieses Unfalldatenspeichers müssen im Fahrzeug verbleiben, bis sie über ein externes Lesegerät ausgelesen worden sind. Außerhalb des Fahrzeugs müssen die Sensordaten bis drei Jahre nach der Kollision gespeichert werden.

Kalifornien hat ebenfalls ein Gesetz erlassen, das autonome Fahrzeuge und Technologien definiert und deren Einsatz für Erprobungszwecke regelt (California Legislative Information 2012). Im Wesentlichen sind die Zulassungsvoraussetzungen ähnlich wie im Bundesstaat Nevada. Im Unterschied zur Gesetzeslage in Nevada ist bei den Erprobungsfahrten aber nur ein Fahrer mit gültigem Führerschein nötig, dieser muss jedoch in einer Arbeitsbeziehung im weiteren Sinne zum Fahrzeughersteller stehen (bspw. Angestellte oder Auftragnehmer). Festgeschrieben ist des Weiteren, dass das Fahrzeug, wenn es an eine Systemgrenze gerät und der Fahrer trotz Aufforderung das Steuer nicht übernimmt, das System selbständig zum Stillstand kommen muss.

¹³⁶ Eine Übersicht über den Stand der Gesetzgebung der einzelnen Bundesstaaten findet sich im Internet. (The Center for Internet Society 2015)

Nach SB 1298 Sec. 2 (d) soll das „Department of Motor Vehicles“ bis spätestens 1. Januar 2015 Regelungen aufstellen, welche die Anforderungen an Versicherungen und Ausrüstungsstandards präzisieren soll. Soweit ersichtlich sind diese Regelungen jedoch noch in der Entstehung.¹³⁷

Haftungsfragen im Zusammenhang mit automatisierten Fahrzeugen unterfallen im US-amerikanischen Haftungsrecht im Wesentlichen dem „tort law“ (Deliktsrecht) und dem Produkthaftungsrecht (Kalra/Anderson/Wachs 2009, S. 17). Produkthaftungsrechtlich entsprechen die Fehlerarten weitestgehend den deutschen. So gibt es „manufacturing defects“, „design defects“ und „warning defects“ (Kalra/Anderson/Wachs 2009, S. 28ff.).

Das Rechtssystem der USA unterscheidet sich bzgl. der zivilrechtlichen Haftung jedoch grundlegend vom deutschen. So besteht in Deutschland grundsätzlich eine strikte Trennung zwischen Zivil- und Strafrecht. Das Zivilrecht hat im Wesentlichen Streitigkeiten zweier privater Parteien „auf Augenhöhe“ zum Gegenstand, während das Strafrecht „von oben herab“ Verhaltensunrecht sanktionieren soll. Im Bereich des Schadenersatzes erfüllt das deutsche Schadenersatzrecht im Grunde eine rein kompensatorische Wirkung. Es soll den Schädiger verpflichten, eine durch seine schädigende Handlung beim Geschädigten eingetretene Vermögensschädigung auszugleichen. Ein pönaler Charakter ist dem deutschen Schadenersatzrecht weitgehend fremd (Grüneberg 2015, Rn. 2). Die Trennung dieser beiden Rechtsdisziplinen zeigt sich nicht nur im materiellen Recht, sondern auch im Verfahrensrecht. So finden bei einer Schädigung eines zivil- und strafrechtlich geschützten Rechtsguts grundsätzlich auch zwei Prozesse statt.¹³⁸

Wie im deutschen ist zwar auch im US-amerikanischen Recht der Ausgangspunkt für den Anspruch von Schadenersatz der beim Geschädigten tatsächlich eingetretene Schaden (Kompensation), jedoch werden dem Geschädigten unter gewissen Voraussetzungen zusätzlich zu diesem reinen Schadensausgleich sog. „punitive damages“ zuerkannt, deren Höhe den tatsächlich eingetretenen Schaden um ein vielfaches übersteigen können (Müller 2000, S. 8). Zweck dieser „punitive damages“ ist die Bestrafung des Täters, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Prävention. Durch die Verhängung der „punitive damage“ soll der Täter angehalten werden, sich zukünftig normgerecht zu verhalten (Müller 2000, S. 11). Insofern wird die dem deutschen Rechtssystem typische Trennung zwischen Schadensausgleich und Strafe im US-amerikanischen Rechtssystem aufgeweicht. Insbesondere das Produkthaftungsrecht ist ein typischer Anwendungsbereich der „punitive damages“. Durch gerichtlichen Anspruch hoher Schadenersatzleistungen zulasten der Hersteller können „punitive damages“ auch ein ordnungspolitisches Regelungsinstrument darstellen (Müller 2000, S. 15). Insofern treten die Unterschiede des deutschen und des US-amerikanischen Rechts noch deutlicher zu Tage. Während in Deutschland das Verhalten von Herstellern hinsichtlich der Markteinführung insbesondere gefahrenträchtiger Technologien regelmäßig strengen Erlaubnisvorbehalten unterliegt, um den ordnungsrechtlichen Rahmen gewährleisten zu können, gilt in den USA der Grundsatz stärker als in Deutschland, dass alles erlaubt ist, was nicht verboten ist (Smith 2014, S. 414; OpenJurist 2006). Die Gewährleistung des ordnungsrechtlichen Rahmens in den USA geschieht im Gegensatz zu Deutschland zumindest partiell über die abschreckende Wirkung der „punitive damages“. So wird sich auch bei der aus Sicht des Ordnungsrechts grundsätzlich sehr liberalen Rechtslage in Nevada oder Kalifornien wohl kein Unternehmen finden, das ein hochautomatisiertes Fahrzeug auf der Straße

¹³⁷ Es existieren Pressestimmen, die dies ebenfalls aussagen. (Barr 2015; Cabanatuan 2015)

¹³⁸ Mit der Ausnahme des Adhäsionsverfahren gemäß §§ 403 ff StPO, das in der Praxis jedoch nur eine untergeordnete Rolle spielt.

betreibt, von dem erhebliche Risiken für Leib und Leben anderer Menschen ausgehen. Die bei einem möglichen Unfall drohenden „punitive damages“ können für ein Unternehmen existenzbedrohend sein. Entsprechend wird das amerikanische Haftungsrecht für die Hersteller und Zulieferer teilweise als kaum kalkulierbares Risiko wahrgenommen (Experteninterview Zulieferer 3).

In Deutschland muss jedoch bereits ordnungsrechtlich sichergestellt sein, dass von hochautomatisierten Fahrzeugen keine erhöhten Gefahren für Leib und Leben von Menschen ausgehen, da das Haftungs- und Strafrecht Unternehmen nicht ebenso zuverlässig zum Schutz dieser Rechtsgüter zu zwingen vermag.

Da das Straßenverkehrsrecht in den USA der Gesetzgebungskompetenz der einzelnen Bundesstaaten unterliegt und einige Staaten bereits Testlizenzen für „autonomes Fahren“ erteilt haben, ist zu befürchten, dass die rechtlichen Voraussetzungen des „autonomen Fahrens“ sich in den verschiedenen Staaten zukünftig stark unterscheiden könnten. Dies würde einen erheblichen Wettbewerbsnachteil für den US-amerikanischen Markt darstellen (Herrtwich 2014). Aus diesem Grund veröffentlichte das amerikanische Verkehrsministerium (US DOT) bereits im Jahr 2013 einen politischen Leitfaden mit Empfehlungen an die Bundesstaaten für die Definition von Vorschriften zum Testen und der Einführung von automatisierten Fahrzeugen (NHTSA 2013). Hierin werden vor allem Hinweise für die Gestaltung eines rechtlichen Rahmens gegeben und die Forschungsschwerpunkte der NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) beschrieben, deren Ziel es ist, die Gewährleistung und Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit als oberste Priorität der Fahrzeugautomatisierung zu verankern. Zu diesem Zweck führt die Behörde auch eigene Forschungsprojekte mit automatisierten Fahrzeugen durch, um künftig in der Lage zu sein, Zulassungsstandards und deren Bewertungsgrößen zu definieren.

Die Forschungsanstrengungen des US-DOT, die das Ziel verfolgen, entsprechende politische Gremien mit Handlungsleitfäden und Empfehlungen auszustatten, einen übergreifenden Anforderungskatalog für automatisierte Fahrzeuge zu entwickeln und alle relevanten Schnittstellen zum Thema hinreichend zu untersuchen, konzentrieren sich auf drei Kernbereiche:

- Human Factors Research (Forschung zur Mensch-Maschine-Schnittstelle und Anforderungsdefinition an die HMI für verschiedene Automatisierungsgrade)
- Electronic Control Systems Safety (Setzen von Standards zur Bewertung der funktionalen Sicherheit und der IT-Sicherheit)
- Develop System Performance Requirements (Definition von technischen Mindestanforderungen für automatisierte Systeme)

Anfang 2015 wurde vom DOT unter Mitarbeit der Abteilung ITS JPO (Intelligent Transportation System Joint Program Office) ein weiteres Strategiepapier vorgelegt, welches die nationale Entwicklungsstrategie innovativer Verkehrstechnologien für die Jahre 2015-2019 beinhaltet (Barbaresso et al. 2014). Hierbei werden sechs Themenbereiche genannt, die den Ausgangspunkt für geplante Forschungsprogramme darstellen:

Accelerating Deployment, Connected Vehicles, Automation, Emerging Capabilities, Interoperability und Enterprise Data.

Die Schwerpunktsetzung und Ausgestaltung des Programms wurde hierbei in Zusammenarbeit mit über 700 Stakeholdern aus 285 verschiedenen Organisationen erstellt, die ihre Positionen in das offizielle Dokument einbringen konnten. Ein erster sichtbarer Vorstoß der geplanten Entwicklung ist die Mitteilung des DOT vom Mai 2015, dass derzeit geprüft werde, die Kommunikation zwischen Fahrzeugen seitens des Gesetzgeber zu einem obligatorischen Ausstattungsmerkmal künftiger Fahrzeuggenerationen zu machen (NHTS 2014).

Ziel des Forschungsprogramms zum Thema Automatisierung ist es, die Industrie und öffentliche Einrichtungen so aufzustellen, dass die flächendeckende Einführung von teilautomatisierten Fahrzeugsystemen („partially automated vehicle systems“) bis zum

Ende dieses Jahrzehnts dazu führen wird, dass die Straßenverkehrssicherheit erhöht und die Umweltbelastung abnehmen wird (U.S. Department of Transportation 2015).

Das Programm beinhaltet die folgenden Bereiche:

- Enabling Technologies
 - Digital Infrastructure
 - Communications
 - Technology Research
- Safety Assurance
 - Electronic Control Systems
 - Software Assurance and Reliability
 - Cyber-Security
 - Human Factors
- Transportation System Performance
 - CACC, Speed Harmonization, and Platooning
 - Lateral Control
 - First/Last Mile Transit Operation
- Testing and Evaluation
 - Interoperability
 - Testing Methods
 - Benefits Assessment
- Policy and Planning
 - Standards
 - Federal Policy Analysis
 - Stakeholder Engagement
 - Transport Planning

Das „Automation Program“ umfasst die Erforschung und Entwicklung grundsätzlich aller Automatisierungsgrade nach NHTSA, wie in Abbildung 41 ersichtlich.

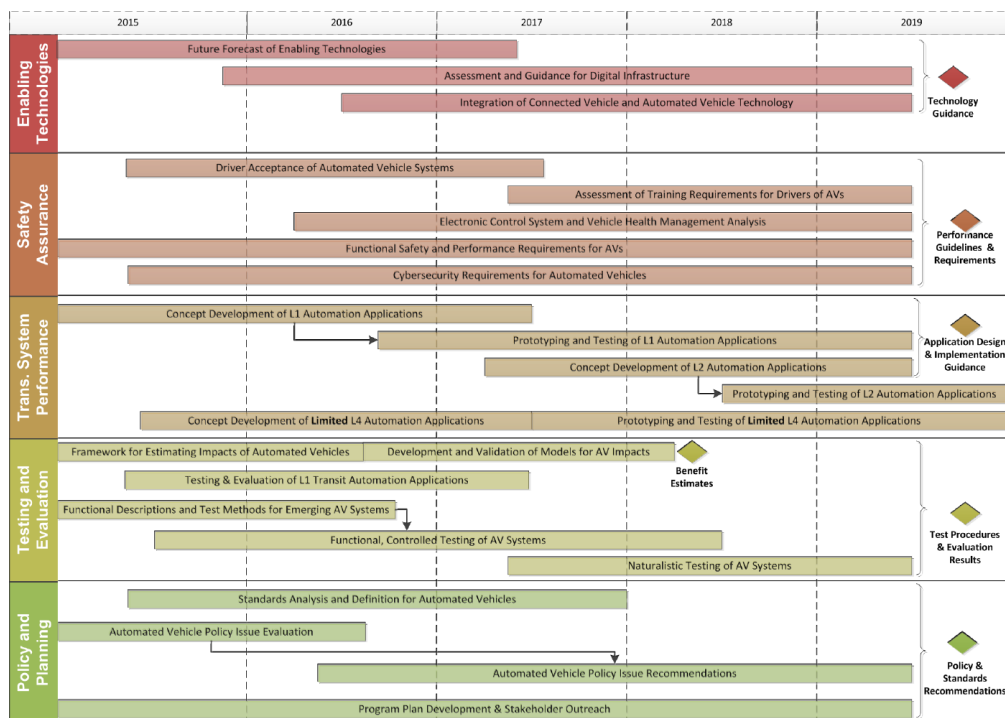


Abbildung 41: Forschungsroadmap des amerikanischen Verkehrsministeriums¹³⁹

Neben den Anstrengungen des DOT, F&E-Aktivitäten und Gesetzgebungsprozesse auf nationaler Ebene zu koordinieren, sind die einzelnen Bundesstaaten engagiert hinsichtlich der Einrichtung von Teststrecken und der digitalen Aufrüstung einzelner Straßenabschnitte. Beispiele sind der 70 Meilen lange „Virginia Automated Corridor“ oder ein Testfeld zur Erprobung urbaner Fahrzenarien in Michigan (HERE 360 2015; U.S. Department of Transportation 2015).

Parallel zu den Anstrengungen der Politik, ein koordiniertes Vorgehen bei der Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen zu erreichen, arbeitet auch die Industrie daran, eine gemeinsam erarbeitete und zentral abgestimmte Position zum Thema zu vertreten. So gaben Unternehmen der Automobil- und IT-Industrie im April 2015 bekannt, mit der Gründung der „Smart Transportation Coalition“ ein Gremium zu schaffen, welches Lobby-Arbeit betreiben und US-amerikanischen Politikern und Gesetzgebern die Vorteile von vernetzen und automatisierten Fahrzeugen erläutern soll (Benee 2015). Das gemeinsame Vorgehen der Mitglieder, zu denen die deutschen Premiumhersteller, asiatische und amerikanische Fahrzeugbauer sowie Fahrzeughändler, Zulieferer und nahezu 60 Unternehmen aus der IT-Industrie zählen, dürfte ein gewichtiger Treiber sein, um Regulierungs- und Finanzierungsprozesse zu beschleunigen.

Insgesamt können die politischen Aktivitäten in Bezug auf automatisiertes und vernetztes Fahren in den USA als weitreichend und institutionalisiert bewertet werden. Die NHTSA spielt eine wichtige Rolle in der Definition von Leitlinien und der Durchführung von Forschungsprogrammen. Aus rechtlicher Perspektive wurden in Teilen der USA bereits gesetzliche Novellierungen zum automatisieren Fahren erlassen, jedoch beziehen sich diese Gesetze lediglich auf das Testen automatisierter Fahrzeuge und ermöglichen keine ordentlichen Zulassungen solcher Fahrzeuge für die breite Bevölkerung. Dies dürfte auch dem Umstand geschuldet sein, dass die USA an das Genfer Übereinkommen über den Straßenverkehr von 1949 gebunden sind, in

¹³⁹ Dopart 2015

welchem die stetige Beherrschungspflicht des Fahrers über sein Fahrzeug festgeschrieben ist. Auch scheint die föderale Struktur der USA dazu zu führen, dass Abstimmungs- und Harmonisierungsprozesse unter den Bundesstaaten bezüglich Testzulassungen und ordentlichen Zulassungen dazu führen, dass eine einheitliche Lösung nur schwer gefunden werden kann und bisher noch nicht absehbar ist. Der Umstand, dass mittlerweile alle deutschen Automobilhersteller und -zulieferer Forschungsstandorte in den USA aufbauen und explizit sowohl den großen politischen Willen zur Umsetzung des automatisierten Fahrens als auch die weitreichenden Aktivitäten amerikanischer Universitäten und deren Vernetzung mit der Industrie lobend hervorheben, könnte jedoch als Indiz dafür interpretiert werden, dass seitens der Unternehmen die Einschätzung verbreitet ist, dass sich die USA zum wichtigsten Standort für die Forschung und Entwicklung für automatisiertes Fahren entwickeln könnten.

6.2 Großbritannien (UK)

Als Mitgliedsstaat der EU unterfällt das Vereinigte Königreich ebenso wie Deutschland den Regelungen der RL 2007/46/EG hinsichtlich der Genehmigung von Kraftfahrzeugen und den Regelungen zu EG-Typgenehmigungen. Die Briten haben zwar das WÜ unterzeichnet aber nicht ratifiziert (UN 1968). Insofern ist eine Bindungswirkung an das WÜ nicht gegeben. Allerdings hat Großbritannien – gleichermaßen wie die USA – das Genfer Übereinkommen über den Straßenverkehr von 1949 ratifiziert und ist insoweit an den Beherrschungsgrundsatz gebunden, der einer ordnungsrechtlichen Zulassung hochautomatisierter Fahrzeuge grundsätzlich entgegensteht (UN 1949). Weiterhin ist Großbritannien Vertragspartei des FTÜ und hat insbesondere ECE-Regelung 79 angenommen (UNECE 2014, S. 36, 120).

Auch haftungsrechtlich sind sich die deutsche und die britische Rechtslage aufgrund der EU-Harmonisierung sehr ähnlich. Mit dem Ziel einheitlicher Wettbewerbsbedingungen im gemeinsamen Binnenmarkt wurde EU-weit ein verbindliches Haftungsregime für fehlerhafte Produkte geschaffen. Durch RL 85/374/EWG¹⁴⁰ ist eine vollständige Harmonisierung der verschuldensunabhängigen gesetzlichen Produkthaftung sichergestellt. Ausgelegt werden muss diese Richtlinie dabei nicht in Bezug auf das nationale Recht, sondern vielmehr aus Sichtweise des Gemeinschaftsrechts (Brüggeleier 2006, S. 430).

In Großbritannien wird das Thema der vernetzten, „intelligenten“ Mobilität seit geraumer Zeit in einem institutionellen Rahmen diskutiert und vorangetrieben. So wurde im Februar 2015 das Gutachten *„The Pathway to Driverless Cars: A detailed review of regulations for automated vehicle technologies“* veröffentlicht (ITS United Kingdom 2015). Die britische Regierung proklamiert im Vorwort des Gutachtens folgendes Ziel: *„We are setting out the best possible framework to support the testing of automated vehicles, to encourage the largest global businesses to come to the UK to develop and test their technologies.“* und betont dabei seinen Anspruch, zum fortschrittlichsten und wichtigsten Testfeld für automatisierte Fahrzeuge zu werden (Department for Transport 2015). Erwartungsgemäß ist demnach eines der Haupt-Ergebnisse, dass *„[...] driverless vehicles can legally be tested on public roads today. The UK is uniquely positioned to become a premium location for the development of these technologies.“* Es wird explizit darauf hingewiesen, dass geplant ist, das Testen automatisierter Fahrzeuge in ganz Großbritannien zu erlauben. Dies stünde im Gegensatz zu den Plänen anderer Länder, lediglich ausgewählte Gebiete für Testfahrten freizugeben. In dem Report befindet sich außer einer Roadmap (siehe

¹⁴⁰ Art. 1 der Richtlinie 85/374/EWG lautet: „Der Hersteller eines Produkts haftet für den Schaden, der durch einen Fehler dieses Produkts verursacht worden ist.“

Abbildung 42) auch ein detaillierter Handlungsleitfaden mit zeitlichen Vorgaben, wann die verschiedenen Ziele erreicht werden sollen. An dieses Dokument anschließend wurde bereits im Juli 2015 ein so genannter „Code of Practice for testing“ veröffentlicht, in dem die zuvor aufgezeigten rechtlichen Änderungsbedarfe in konkrete Leitlinien zum Testen automatisierter Fahrzeuge überführt wurden. Die britische Politik gibt Herstellern und Forschungseinrichtungen hiermit einen Leitfaden an die Hand, der zwar bisher noch nicht gesetzlich verankert ist, jedoch als offizielle Empfehlung der Regierung in Hinblick auf zu treffende Sicherheitsvorkehrungen beim Testen automatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen angesehen werden kann.

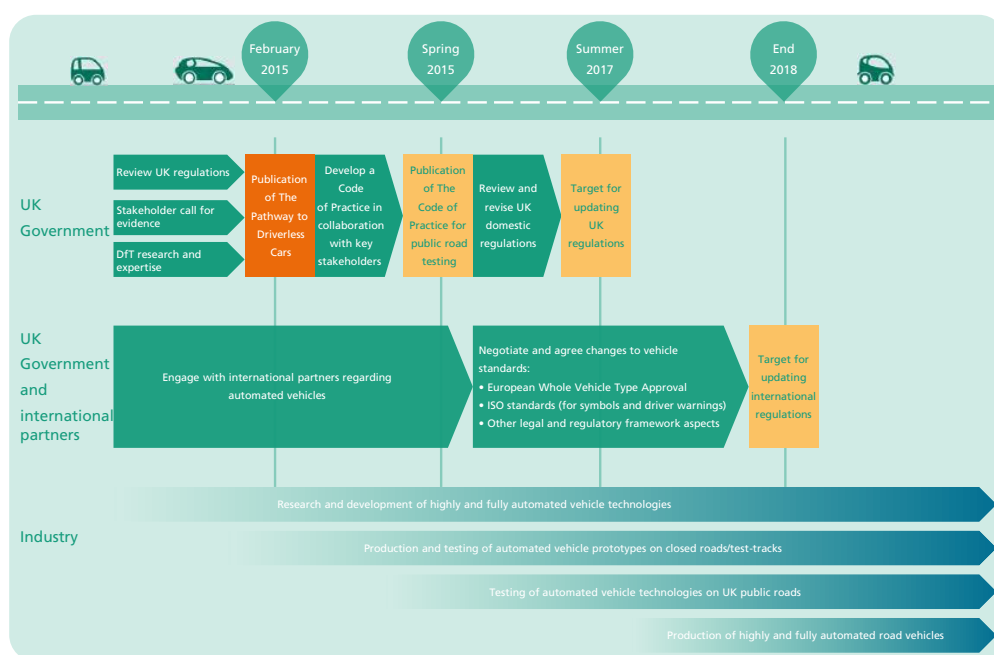


Abbildung 42: Zeitplan für die Entwicklung hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge des Britischen Verkehrsministeriums¹⁴¹

Neben der Prüfung relevanter Rahmenbedingungen für das Testen von automatisierten Fahrzeugen bekennt sich die britische Regierung in dem Report zu der Aussage, dass fahrerlose und automatisierte Fahrzeuge signifikante Vorteile mit sich bringen, und gibt gleichzeitig an, deren Entwicklung und Einführung uneingeschränkt unterstützen zu wollen (Department for Transport 2015, S. 14). Erste sichtbare Projekte, die von der Regierung finanziell gefördert werden, wurden bereits im Juli 2014 ausgeschrieben. So organisierte die britische Regierung eine so genannte „driverless car competition“, bei der sich britische Städte gemeinsam mit Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen als prädestinierte Testfelder darstellen und um eine Gesamtfördersumme von £19 Millionen bewerben konnten. Die ausgewählten Projekte wurden im Dezember 2014 bekanntgegeben. Als Ergebnis werden in den Städten Milton Keynes, Coventry und Bristol künftig verschiedene Projekte unter anderem auch mit vollautomatisierten Shuttle-Systemen durchgeführt.

Bereits 1992 wurde in Großbritannien die ITS UK (UK Association for the Promotion of Intelligent Transport Systems) gegründet. Diese Non-profit Organisation, welche aus den Beiträgen der über 160 Mitglieder finanziert wird, umfasst Teilnehmer sowohl aus dem öffentlichen als auch dem privaten Sektor. Die Organisation setzt sich aus

¹⁴¹ Department for Transport 2015, S. 31

mehreren Arbeitsgruppen zusammen, die verschiedene Aspekte von intelligenten Transportsystemen inhaltlich bearbeiten und koordinieren. Neben Automobilherstellern und Zulieferern sind auch Unternehmen aus der IT- und Telematikbranche sowie zahlreiche Universitäten, Forschungseinrichtungen, Stadtverwaltungen und Regierungsvertreter Mitglied in diesem Verband. Neben der Organisation von Workshops zum Wissensaustausch auf den Gebieten der Gesetzgebung, Technologieentwicklung und Standardisierungsplänen mit öffentlicher und privater Beteiligung fasst die Organisation ihre zentrale Zielsetzung wie folgt zusammen:

- “Providing readily accessible opportunities for practitioners and stakeholders to meet on an equal footing to promote mutual understanding and to increase knowledge and awareness of ITS best practice;
- Leading informed and balanced debate on ITS and influencing relevant policies by acting as the recognised reference point for information on ITS;
- Promoting the international excellence of UK technology, expertise and solutions (ITS United Kingdom 2015).”

Auch wenn die ITS UK nicht exklusiv das Thema des automatisierten motorisierten Individualverkehrs adressiert, sondern das gesamte Spektrum intelligenter Transportsysteme inklusive des öffentlichen Nahverkehrs, der intelligenten Verkehrssteuerung durch Telematiksysteme und dem Potenzial von IKT-Technologien abdeckt, kann davon ausgegangen werden, dass die bereits existierende Vernetzung der relevanten Akteure eine günstige Ausgangsposition darstellt, um das Thema des automatisierten Fahrens in Großbritannien politisch zu koordinieren. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die britische Regierung das Thema des automatisierten Fahrens bereits prominent auf die nationale Agenda gesetzt und sich dem Ziel verschrieben hat, zum führenden Testfeld in diesem Bereich zu werden. Auch die grundsätzliche Frage, welches Potenzial intelligente Verkehrssysteme für das Transportwesen und die Gesellschaft als Ganzes bieten, wird nicht mehr gestellt. Stattdessen wird eine rein positive signifikante Wirkung unterstellt. Weiterhin verfügt Großbritannien mit der ITS UK bereits über eine eingespielte und sprachfähige Plattform, auf der das Thema diskutiert und relevante Stakeholder sich vernetzen können. So lobte auch einer der für das vorliegende Gutachten interviewte Experte explizit den Kontakt seines Unternehmen mit den britischen Ministerien, da diese sehr viel „pragmatischer, schneller und zielorientierter“ auf Fragen von Industrievertretern reagieren würden. So wurde positiv hervorgehoben, dass die britischen Ministerien sehr ziel- und ergebnisorientiert arbeiteten und die dortigen Kompetenzen und Zuständigkeiten klar untereinander aufgeteilt und abgegrenzt seien, ohne dass eine Konkurrenzsituation zwischen verschiedenen Ressorts entstände (Experteninterview Zulieferer 3).

Trotz dieser Bekundungen und Zielsetzungen muss jedoch auch beachtet werden, dass das zentrale Thema des oben erwähnten Gutachtens das Testen von automatisierten Fahrzeugen ins Zentrum stellt. Auch wenn angekündigt wurde, dass die Überarbeitung relevanter Gesetze für einen Regelbetrieb bereits in Arbeit sei, sind beispielsweise die Forschungsarbeiten der BASt mit dem 2012 veröffentlichten Bericht „Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung“ eine relevante Vorarbeit, die bereits deutlich früher veröffentlicht wurde und auf den Regelbetrieb automatisierter Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr abzielt. Inwiefern weiterhin der in Großbritannien herrschende Linksverkehr ein mögliches Hindernis für Automobilhersteller darstellt, ihre Systeme dort zu testen, wäre weiterhin zu prüfen.

6.3 Frankreich

Als Mitgliedsstaat der EU unterliegt Frankreich ebenso wie Deutschland den Regelungen der RL 2007/46/EG hinsichtlich der Genehmigung von Kraftfahrzeugen

und den Regelungen zu EG-Typgenehmigungen. Als Vertragspartei des WÜ, des FTÜ, sowie der Annahme der ECE-Regelung 79 sind zulassungsrechtlich daher im Vergleich zu Deutschland keine wesentlichen Unterschiede bzgl. automatisierter Fahrzeuge erkennbar (UN 1968; UNECE 2014d, S. 36, 120). Auch haftungsrechtlich sind sich die deutsche und die französische Rechtslage aufgrund der EU-Harmonisierung sehr ähnlich. So werden in Frankreich ähnlich wie im deutschen Recht Schäden durch Verkehrsunfälle gefährdungshaftungsrechtlich abgewickelt. Mit Gesetz vom 5. Juli 1985 erfolgte eine abschließende Sonderregelung bzgl. dieses Rechtsbereiches (franz. „Loi Badinter“) (Legifrance 2015). Ebenfalls vergleichbar mit der deutschen Rechtslage haften hier Halter (franz. „gardien“) und der Fahrer eines Kraftfahrzeugs für diejenigen Schäden, die es verursacht hat. Auch die Produkthaftungsrichtlinie 85/374/EWG gewährleistet eine verschuldensabhängige gesetzliche Produkthaftungsregelung in Frankreich. Insoweit ist auch das französische Produkthaftungsrecht sehr stark vergleichbar mit der deutschen Rechtslage.

Am 12. September 2013 legte die französische Regierung einen Plan vor, der mit 34 unterschiedlichen Innovationsfeldern zur Entwicklung der „nouvelle France industrielle“ beitragen soll (Ministère du Redressement Productif). An jedem dieser Innovationsfelder beteiligen sich Unternehmen, Wissenschaftler und politische Akteure, um eine Agenda aufzustellen, wie mit den Fragen des technologischen Fortschritts umzugehen ist. Eines dieser Innovationsfelder hat das automatisierte Fahren zum Gegenstand. Ziel hierbei ist es, durch die Ausstattung von Fahrzeugen mit Sensorik die Straßenverkehrssicherheit in Zukunft zu erhöhen.

Hersteller und Zulieferer aus der Automobil- sowie der Informations- und Kommunikationsbranche sollen bis 2020 die Sensorik, Aktorik und Steuerungssysteme so weit entwickelt haben, dass automatisierte Fahrzeuge erschwinglich und damit wettbewerbsfähig werden. Vom automatisierten Fahren erhofft sich die französische Regierung neben einer Optimierung des Verkehrsflusses und einer Erhöhung des Fahrkomforts, dass älteren Mitbürgern und solchen, denen eine Teilhabe am Straßenverkehr aufgrund körperlicher Einschränkungen nicht möglich ist, zukünftig ein mobiles Leben ermöglicht werden kann. Weiteres Ziel dieses Programmes ist es, die französische Automobilindustrie zum führenden Akteur der Fahrzeugautomatisierung zu machen. Parallel soll der Rechtsrahmen angepasst werden.

Die Gruppe, die für das Innovationsfeld automatisierte Fahrzeuge gebildet wurde, besteht aus wichtigen Akteuren der Automobilindustrie und dem digitalen Sektor. Die Agenda beinhaltet die Erschaffung von Teststrecken, Änderungen der Fahrschulungsbildung und Forschungs- und Entwicklungsprojekte bis ins Jahr 2018. Die Zulassung von experimentellen Straßentests der hochautomatisierten Fahrzeuge ist für das Frühjahr 2015 geplant. Der erste notwendige Schritt ist es dabei, die Rechtsbereiche zu identifizieren, die angepasst werden müssen, um das automatisierte Fahren auf öffentlichen Straßen zu ermöglichen. Das französische nationale Straßenverkehrsrecht, welches sich – ebenso wie das deutsche – nach dem WÜ richtet, ist vor Jahrzehnten verabschiedet worden in Zeiten, in denen automatisiertes Fahren noch kein Thema war. Französische Regierungsmitglieder haben daher ein interministerielles Team gebildet, das zur Aufgabe hat, diejenigen Kernbereiche, die einer weiteren Automatisierung von Fahrzeugen entgegenstehen, mit Vertretern der Industrie zu erörtern.

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, dass sich der Rechtsrahmen für das automatisierte Fahren nur unwesentlich von den Herausforderungen unterscheidet, vor denen Deutschland steht. Frankreich ist bestrebt, im Rahmen der „nouvelle France industrielle“ den Industriestandort Frankreich zu stärken und die technologischen Voraussetzungen des automatisierten Fahrens wettbewerbsfähig zu machen. Frankreich plant, unter Einschluss aller wichtigen Akteure eine Agenda bezüglich des Umgangs mit der Fahrzeugautomatisierung aufzustellen. Konkrete Maßnahmen sind jedoch noch nicht ersichtlich.

6.4 Japan

Trotz grundsätzlicher kultureller Unterschiede zwischen Deutschland und Japan sind die Rechtsordnungen der Staaten in einigen Teilen vergleichbar. Japan ist zwar nicht Vertragspartei des WÜ, jedoch wurde von Japan das Genfer Übereinkommen über den Straßenverkehr von 1949 ratifiziert, sodass insoweit auch von einer Bindungswirkung an den Beherrschungsgrundsatz des Fahrers über sein Fahrzeug auszugehen ist (UN 1949). Mit Wirkung vom 24.11.1998 ist Japan zudem Vertragspartei des FTÜ geworden und hat am 16.08.2014 die ECE-Regelung 79 angenommen (UNECE 2014d, S. 36, 120). Insofern steht Japan wohl vor vergleichbaren Hürden bei der Zulassung hochautomatisierter Fahrzeugsysteme wie Deutschland. Das geltende japanische Privatrecht gehört dem kontinentaleuropäischen Rechtskreis an (Marutschke 2010, S. 1). Insofern ist eine Verwandtschaft zwischen der deutschen und der japanischen Rechtsordnung zumindest auf dem Gebiet des Privatrechts gegeben. Die deliktsrechtliche Haftungskonzeption Japans ist ähnlich der deutschen. § 709 des japanischen Zivilgesetzes (JZivG) sieht vor, dass derjenige, der vorsätzlich oder fahrlässig Rechte eines anderen verletzt, zum Ersatz der daraus entstandenen Schäden verpflichtet ist. Japan hat für die Gewährleistung von Schadenersatz bei Verkehrsunfällen ein Spezialgesetz erlassen, dessen Anspruchsvoraussetzungen – vergleichbar mit der deutschen Halterhaftung des StVG – nicht an ein Verschulden geknüpft sind (Gesetz zur Gewährleistung von Schadenersatz bei Verkehrsunfällen) (Marutschke 2010, S. 166). Insofern gelten auch im japanischen Straßenverkehrsrecht die Grundsätze der Gefährdungshaftung.

Nach über 20 jähriger Vorarbeit wurde im Juni 1994 das japanische Produkthaftungsgesetz (JProdHaftG) verabschiedet (jap. „seizōbutsu sekinin hō“ – Gesetz Nr. 85/1995; in Kraft seit 1.7.1995) (Marutschke 2010, S. 176). Derjenige, der Produkte herstellt, bearbeitet oder importiert, soll zum Schadenersatz verpflichtet sein, wenn infolge eines Produktfehlers eine Person verletzt, getötet oder ihr Vermögen geschädigt wird (vgl. § 1 JProdHaftG). Der Fehlerbegriff des JProdHaftG ist vergleichbar mit dem deutschen ProdHaftG ein sicherheitsrechtlicher. Eines Verschuldens bedarf es für Ansprüche nach dem JProdHaftG nicht, insofern handelt es sich wie im deutschen ProdHaftG um eine Gefährdungshaftung.

Die Aktivitäten im Bereich der Automatisierung von Fahrzeugen in Japan wurden in den letzten Jahren stark ausgeweitet und maßgeblich von der Regierung vorangetrieben und koordiniert. 2012 wurde vom japanischen Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) eine „Autopilot System Study Group“ aus Automobilherstellern, Universitäten und Forschungsinstituten gegründet, welche die erforderlichen technischen, rechtlichen und politischen Maßnahmen zur Automatisierung des Verkehrs erarbeitete und im darauffolgenden Jahr einen Zwischenbericht veröffentlichte, in dem die wesentlichen Maßnahmen und Zielsetzungen dargestellt wurden. Im selben Jahr wurde ein auf fünf Jahre angesetztes „Cross-Ministerial Strategic Innovation Promotion Program“ (SIP) verabschiedet, welches eine übergeordnete Förderstrategie für Innovationen in Wissenschaft und Forschung umsetzen soll, die sich nach folgenden Leitlinien richtet:

- Auswahl sozial notwendiger und wichtiger Entwicklungspläne für die japanische Wirtschaft und Wettbewerbsfähigkeit
- Ministeriums- und Branchenübergreifender Ansatz
- Förderung von Forschung und Entwicklung „von A bis Z“, welche sowohl Grundlagenforschung als auch praktische Anwendung und die Kommerzialisierung umfasst. Weiterhin gehören die gesetzliche Regulierung, Versuchsfelder, die öffentliche Beschaffung sowie internationale Standardisierungsprozesse dazu.

- Einfache Nutzung des Systems zum Schutz von geistigem Eigentum für Unternehmen (Kuzumaki 2015)

Das SIP umfasst zehn strategisch gewählte Technologiebereiche aus den Politikfeldern Energie, Infrastruktur und Lokale Ressourcennutzung und adressiert explizit das Thema Automatisiertes Fahren mit dem Ziel: „Developing new transportation systems including technologies for avoiding accidents and alleviating congestion.“ Das Budget für das Teilprojekt Fahrzeugautomatisierung betrug im Steuerjahr 2014 umgerechnet ca. 18 Millionen €.

Eines der bisherigen sichtbaren Ergebnisse des SIP ist ein 2015 gestarteter Feldversuch in Tokio. In dem Projekt wird ein Prototyp einer dynamischen Karte für einen abgegrenzten Stadtteil entwickelt, der mit Echtzeit-Informationen über normale Straßen, Kreuzungen, Einkaufsstraßen, Schnellstraßen und Autobahnkreuze stetig aktualisiert wird und somit die präzise Positionierung von Fahrzeugen und die Verbesserung der Umgebungswahrnehmung ermöglichen soll. Die dynamische Karte enthält demnach Informationen über die Verkehrslage, Verkehrsführung, Baustellen, Ampelsignale etc., die über eine Vernetzung mit der Infrastruktur und den Fahrzeugen bereitgestellt werden. Bis Ende 2016 soll die Konzeption der Datenbank abgeschlossen sein, damit 2017 die praktische Testphase eingeleitet werden kann (Fukushima 2014). Die Erforschung und Einführung automatisierter Fahrzeugsysteme wird in Japan von politischer Seite sehr stark mit dem übergeordneten nationalen Ziel eines sicheren und effizienten Straßenverkehrs und dem Aufbau einer intelligenten Infrastruktur verknüpft.

Die japanische Regierung hat sich die Reduzierung der Verkehrstoten von 4400 im Jahre 2013 auf unter 2500 im Jahre 2018 zum Ziel gesetzt und möchte eine internationale Vorreiterrolle beim Absatz intelligenter Verkehrstechnologien einnehmen (Yamamoto 2015).

Bereits zwischen 2008 und 2012 begann der Aufbau von Verkehrstelematiksensorik („ITS-spots“) im Straßenraum, welche eine Kommunikation mit hoher Bandbreite erlaubt. Die Verkehrstelematik ist dahingehend konzipiert, die Menschen, Straßen und Fahrzeuge zu vernetzen, um Verkehrsprobleme wie Staus, Unfälle und Umweltbelastung zu beheben. Dafür wurden 1.600 „ITS-spots“ im Straßenraum mit entsprechenden Sendeschnittstellen ausgestattet, die es ermöglichen, eine Kommunikation mit mehr als 100.000 Fahrzeugen herzustellen, die ebenfalls mit entsprechenden Schnittstellen ausgerüstet sind. Die Verkehrstelematiksysteme (ITS) können heute bereits folgende Dienste anbieten:

- Dynamische Routenführung: Dabei ist es möglich, großflächige Daten zu Verkehrsstauungen zu sammeln, die eine intelligente Routenführung über Navigationssysteme ermöglichen.
- Sicherheitsunterstützung: Dies ermöglicht es, den Fahrer im Voraus vor „Beinaheunfällen“ zu warnen.
- Mautstellen (ETC): Hierdurch wird eine Reduzierung der Verkehrsstaus vor Autobahnmautstellen ermöglicht.

Zukünftig sollen auch Dienste wie Spurhalteassistenten und Abstandsregelung durch die Infrastruktur unterstützt werden können. Das offizielle langfristige Ziel der Autopilot System Study Group ist die Umsetzung eines Autopilot-Systems, welches eine entry-to-exit-Funktion anbietet und mit Hilfe von Kommunikationstechnologie in der Infrastruktur auch Autobahnkreuze und Baustellen automatisiert durchfahren soll (Yamamoto 2015, S. 20).

Die Förderung von automatisierten Fahrfunktionen und ITS im Allgemeinen ist in Japan stark zentral organisiert. Die Zusammenarbeit verschiedener Ministerien und der großen Automobilhersteller im Land, Toyota, Honda und Nissan, soll eine effiziente und zielorientierte Forschung garantieren, wobei die wettbewerbliche Forschung der

Vergleich der rechtlichen Rahmenbedingungen und politischen Aktivitäten in ausgewählten Ländern

Unternehmen auf den Bereich der Fahrzeugmanöver beschränkt bleiben soll (siehe Abbildung 43).

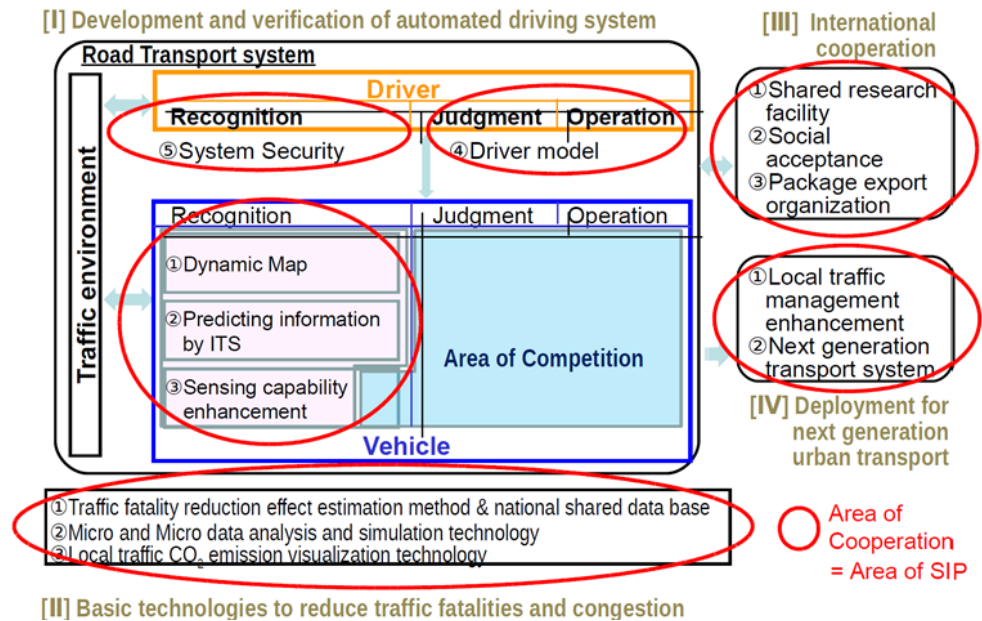


Abbildung 43: Forschungsthemen des SIP Förderprogramms der japanischen Regierung¹⁴²

Trotz umfangreicher Maßnahmen und Koordination durch öffentliche Akteure erwecken die Demonstrationen der japanischen Hersteller derzeit noch den Eindruck, technisch nicht mit jenen der europäischen oder US-amerikanischen Hersteller mithalten zu können. Die erste Testfahrt eines automatisierten Fahrzeugs auf öffentlichen Straßen wurde 2013 absolviert. Bis vor kurzem ließen die Aussagen der japanischen Hersteller Toyota, Nissan und Honda darauf schließen, dass ihr Ziel der Automatisierung eher in der Unterstützung des Fahrers liege und eine Abwendung vom Fahrgeschehen nicht geplant sei (METI Journal 2014). Tatsächlich zeigen auch die offiziellen Roadmaps der Regierung, dass die zeitlichen Angaben zur Markteinführung automatisierter Systeme im Vergleich zur Zielsetzung europäischer Hersteller um einige Jahre verzögert sind (siehe Abbildung 44).

¹⁴² Yamamoto, 2015, S. 14

[Targeted Time of Commercialization of Self-Driving Cars]			
Levels	Technologies Expected to be Realized	Expected Time of Commercialization	(For Reference) Targeted Time in Europe and Other Regions **
Level 2	• Follow-up and tracking systems	Mid 2010s	2013 - 2015
	• Steering for collision avoidance		2017 - 2018
	• Self-driving on multiple lanes, etc.	In 2017	2016
Level 3	• Automated merging, etc.	First half of 2020s	2020
Level 4	• Full automated driving	Second half of 2020s*	2025 – 2028 (expressways) 2027 – 2030 (urban areas)

*: Level 4 (full Automated Driving Systems) is expected to have a trial period. The expected time will be reviewed as necessary due to many uncertainties, based on the examination of commercialization in Japan and abroad as well as the status of various efforts.

** : The targeted time of commercialization in Europe and other regions was investigated by the Cabinet Secretariat through such channels as the iMobility Forum.

Abbildung 44: Targeted Time of Commercialization of Self-Driving Cars in Japan¹⁴³

Somit entsteht das Bild, dass die japanischen Unternehmen und die Politik derzeit mit relativ großen Anstrengungen versuchen, auf den technologischen Stand der europäischen und US-amerikanischen Hersteller aufzuschließen. Von Branchenbeobachtern wird in diesem Zusammenhang häufig auf die Unterhaltungselektronik- und Mobilfunkbranche verwiesen, in denen große Unternehmen wie Sony, Sharp oder Panasonic massiv Marktanteile an koreanische Firmen abtreten mussten. Dementsprechend sprechen auch Branchenbeobachter von einer „Aufholjagd“ auf amerikanische und europäische Hersteller: „[Japanese carmakers and suppliers] lag behind European rivals in the area of advanced driver assistance systems that help reduce accidents. [...] Japan is unlikely to catch up with European suppliers until after 2020“ (Inagaki 2014).

Zusammenfassend kann demnach festgestellt werden, dass Japan sich stark dem Thema Verkehrstelematik verschrieben hat und in diesem Bereich auch schon Fortschritte auf den Straßen sichtbar sind. Zwar mögen japanische Hersteller und Zulieferer möglicherweise einen gewissen technischen Aufholbedarf haben, dieser Bedarf wurde jedoch von politischer Seite erkannt, weshalb das Thema mittlerweile eine hohe Priorität in der nationalen Technologie -und Innovationspolitik genießt. Ein Anzeichen hierfür ist der Umstand, dass der japanische Premierminister Shinzo Abe persönlich das Thema Automatisiertes Fahren bereits mehrfach in seinen Reden als national bedeutende Aufgabe identifizierte und die Freigabe öffentlicher Straßen zu Testzwecken mit den Worten kommentierte: „[...] if the US can do it, so can Japan (Shimizu 2014, S. 3).“ Da das politische System in Japan weitaus zentralisierter verfasst ist als in Deutschland und auch die Vernetzung von Wirtschaft und Politik als sehr umfassend bezeichnet werden kann, sollte der technologische Rückstand nicht überbewertet werden. Im Gegenteil: Es ist davon auszugehen, dass die weitreichende und ambitionierte Zielsetzung der japanischen Regierung mit einem hohen Handlungs- und Erfolgsdruck einhergeht und in einer äußerst umfassenden und mit politischer Unterstützung finanzierten Entwicklungsoffensive mündet.

¹⁴³ IT Strategic Headquarters 2014

6.5 Singapur

Singapur¹⁴⁴ ist weder Vertragspartei des WÜ, des FTÜ noch des GTR-Abkommens. Insofern ist eine Bindung an diese Abkommen bzgl. Fragen der Fahrzeugautomatisierung nicht gegeben. Singapur ist jedoch – ebenso wie die USA – Vertragspartei des Genfer Übereinkommens über den Straßenverkehr von 1949 (UN 1949), sodass davon auszugehen ist, dass auch Singapur völkerrechtlich an die Beherrschungspflicht gebunden ist und deshalb materiell-rechtlich vor ähnlichen Hürden bzgl. der Zulassung automatisierter Fahrzeuge steht wie Deutschland. Anders als in Deutschland existiert in Singapur ein spezifisches Produkthaftungsgesetz nicht, insofern muss zur Verfolgung entsprechender Ansprüche auf das herkömmliche zivilrechtliche Werkzeug zurückgegriffen werden. Dies sind insbesondere Ansprüche aus unerlaubter Handlung bzw. Deliktsrecht (tort law). Da jedoch grundsätzlich der Schutz des Endabnehmers vor Schädigungen durch Produktfehler durch das tort law als unzureichend erachtet wird, existiert der „Consumer Protection (Trade Descriptions and Safety Requirements) Act“ (Singapore Government 1975/2013). Danach kann derjenige, der irreführend Waren vertreibt, strafrechtlich belangt werden. Nach Sec. 11 Abs. 1 (b) des Gesetzes kann das zuständige Ministerium dem Hersteller zur Auflage machen, erforderliche (Warn-)Hinweise auf seinem Produkt anzubringen. In Sec. 31 ist darüber hinaus auch eine Kompensationsregelung enthalten, deren Ausgleichshöhe im gerichtlichen Ermessen liegt, jedoch auf höchstens 1000 S-\$ begrenzt ist. Um die Chancen und Herausforderungen des automatisierten Fahrens zu eruieren, hat die Straßenverkehrsbehörde „Land Transport Authority of Singapore“ (LTA) von Singapur zusammen mit der A*STAR (Agency for Science, Technology and Research) eine Absichtserklärung („Memorandum of Understanding“) mit einer Laufzeit von fünf Jahren unterzeichnet, um die Initiative „The Singapore Autonomous Vehicle Initiative“ (SAVI) zu gründen. Die SAVI-Initiative soll das „Committee on Autonomous Road Transport for Singapore“ (CARTS) dabei unterstützen, eine ganzheitliche strategische Richtung für die Mobilitätskonzepte in Singapur unter Berücksichtigung autonomer Fahrzeuge zu entwickeln. Aufgabe der LTA wird es dabei sein, den Rechtsrahmen für die Umsetzung des automatisierten Fahrens zu beleuchten, während die Expertise von A*STAR in der Entwicklung der Technologie liegt.

Forschungs- und Entwicklungsarbeit leisten SAVI, LTA und A*STAR in den folgenden Bereichen:

- Autonome Fahrzeuge: Das Forschungskonsortium führt eine Studie zur Frage der Realisierbarkeit von Kollektivtransportmitteln wie bspw. führerlosen Bussen aus, um das Problem Singapurs einer starken Abhängigkeit von einzusetzenden Arbeitskräften in den Griff zu bekommen
- Autonome Mobilitätskonzepte: Weiterer Forschungsbedarf besteht für Singapur im innerstädtischen Pendelverkehr. Es soll die Möglichkeit eruiert werden, bedarfsgerechte Mobilitätskonzepte auf Carsharing-Basis zu verwenden, mit denen die „erste/letzte Meile“ in Wohngebieten komfortabel gemeistert werden kann (Singapore-MIT Alliance for Research and Technology 2013).
- Automatisierter Straßenverkehr: Auch Fragen der technischen und gesetzlichen Voraussetzungen für die Markteinführung autonomer Individualtransportmittel

¹⁴⁴ Generelle Informationen zur politischen Strategie Singapurs im Bereich automatisiertes Fahren finden sich unter: (Land Transport Authority 2014; Land Transport Authority 2015)

sind Gegenstand der Arbeit des Konsortiums, um so das Verkehrskonzept Singapurs zu optimieren.

Gemeinsam mit JTC Corporation, der führenden Organisation Singapurs im Bereich Planung, Förderung und Entwicklung von Industrielandschaften, hat das LTA Teststrecken im Industriepark „one-north“ ausgewiesen, um autonome Fahrzeuge auf einem 6 km langen Straßennetz unter Realbedingungen zu testen. Darunter befinden sich sowohl stark als auch schwach befahrene Straßen. Die Testphase startet im März 2015. Ziel soll es sein, die technischen Möglichkeiten und die erforderlichen infrastrukturellen Voraussetzungen vertieft zu beleuchten, um autonome Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen sicher betreiben zu können.

Neben SAVI laufen in Singapur bereits mehrere Studien zum automatisierten Fahren. So erforscht die Universität von Singapur (NUS) derzeit ein Carsharing-Konzept auf Basis einer Flotte autonomer Golf-Buggies. An der Nanyang Technological University laufen Tests zu einem fahrerlosen Shuttle-Service, welches Platz für bis zu 10 Personen hat.

Insgesamt kann daher festgehalten werden, dass sich Singapur – wohl vor allem aufgrund seiner geographischen Lage und immensen Bevölkerungsdichte – weniger den Fragen der Automation von Autobahnfahrten widmet, als vielmehr in der Fahrzeugautomation eine Chance sieht, bedarfsgerechte Mobilitätskonzepte und fahrerlose Transportsysteme im urbanen Raum zu entwickeln, die den Straßenverkehr entlasten sollen.

6.6 China

China hat keines der für die Fahrzeugautomatisierung relevanten völkerrechtlichen Abkommen unterzeichnet, insoweit scheint sich die Rechtslage Chinas bzgl. der Fahrzeugautomatisierung hauptsächlich nach innerstaatlichem Recht zu richten, was aufgrund der sprachlichen Hürden eine vergleichende Analyse stark erschwert. Ähnlich wie im Falle Japans sind die politischen Institutionen Chinas stark zentralistisch organisiert, was eine relativ schnelle und umfassende Umsetzung von Entscheidungen und Maßnahmen zur Folge haben kann. Im Gegensatz zu Japan ist eine Bewertung der politischen Zielsetzungen und Prioritäten jedoch weitaus schwieriger vorzunehmen, da die politische Führung Chinas kaum offizielle Dokumente über die zukünftigen politischen Vorhaben und Zielsetzungen der Regierung herausgibt. Die europäischen Arbeitsgruppen ERTRAC und EPoSS, die sich mit der Implementierung von Mobilitätsinnovationen befassen, kommen in ihren Analysen über die Rahmenbedingungen des automatisierten Fahrens in anderen Ländern zu dem Schluss, dass *„Analysing traffic conditions in China that are coupled to the continuous growth of car owners leads to the conclusion that in future, automated (and safe) systems will become a decisive criterion for the development of the autonomous vehicle market in China“* (Ertrac 2015).

Diese Vermutung, die mit dem Hinweis auf einen zweiwöchigen Feldversuch in Tianjin begründet wird, beschränkt sich jedoch auf die Interpretation einzelner Feldversuche, die in China in den letzten Jahren stattgefunden haben. Die erwähnte Stadt Tianjin ist hierbei ein wichtiges Zentrum der Entwicklungsanstrengungen für automatisiertes Fahren auf chinesischem Boden. So habe sich die Regierung gemeinsam mit dem amerikanischen Automobilhersteller General Motors das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 ein vollautomatisiertes Mobilitätssystem zur Marktreife zu bringen, welches auf den bereits 2010 vorgestellten Kleinfahrzeugen GM EN-V 2.0 basiert (Grzanna 2014). Neben dieser Ankündigung ist weiterhin das Forschungsprojekt der National University of Defense Technology zu nennen, welche in Kooperation mit dem Automobilhersteller First Auto Works bereits seit dem Jahr 2011 an einem automatisierten Fahrzeug forscht und es seither in größerem Umfang auf öffentlichen Straßen testet. Schließlich

kündigte der deutsche Automobilhersteller BMW Anfang 2015 eine Kooperation mit dem chinesischen Suchmaschinen-Konzern Baidu an, bei der es um die gemeinsame Forschung und Entwicklung im Bereich des automatisierten Fahrens gehen soll. Welche Ziele hierbei verfolgt werden und inwiefern die chinesische Regierung in die Ausgestaltung dieser Kooperation und späteren Versuchsläufen involviert ist, ist jedoch nicht bekannt.

Trotz relativ hoher Unsicherheit und einer schwierigen Datenlage kann jedoch zusammenfassend festgehalten werden, dass China einerseits aufgrund der steigenden Verkehrsprobleme und andererseits wegen der technisch sehr aufgeschlossenen Bevölkerung (Szczesny 2014) eine vorteilhafte Anwendungsumgebung darstellen könnte, da es wahrscheinlich ist, dass die chinesische Regierung Verkehrsproblemen auch mit technischen Lösungsstrategien entgegenzutreten will, anstatt ausschließlich auf Regulierung und Beschränkung zu setzen. Es bleibt allerdings fraglich, inwiefern die digitale Infrastruktur und die allgemeinen Verkehrsbedingungen in China für die Entwicklung und Umsetzung des hochautomatisierten Fahrens geeignet sind. Schließlich gilt es zu beachten, dass der chinesischen Regierung aufgrund der politischen Verfasstheit des Landes sehr große Spielräume gegeben sind, was die Schaffung von herstellerfreundlichen Gesetzen zum Testen und Vertreiben von automatisierten Fahrzeugen betrifft. China besitzt demnach das Potenzial, Automobilherstellern aus aller Welt eine Rechtssicherheit zu garantieren, und könnte somit einen Vorteil im Rennen um die rechtliche Wettbewerbsfähigkeit unterschiedlicher Staaten erzielen.

6.7 Politische Maßnahmen in Deutschland und Vergleichsfazit

Um eine Vergleichbarkeit der Referenzstaaten im Hinblick auf politische Maßnahmen¹⁴⁵ zur Ermöglichung der Fahrzeugautomatisierung herzustellen, werden in diesem Abschnitt zunächst politische Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Umgang und der Förderung der Fahrzeugautomatisierung von deutscher Seite aus vorgestellt, um in einem zweiten Schritt den Vergleich mit den betrachteten Referenzstaaten zu ziehen. Entgegen der öffentlichen Wahrnehmung und einzelnen Medienberichten werden die Thematik des hochautomatisierten Fahrens und ihre Implikationen nicht erst seit Kurzem von der deutschen Politik untersucht. Bereits im Jahr 2012 wurde von der Bundesanstalt für Straßenwesen ein Gutachten mit dem Titel „Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung“ veröffentlicht, in dem ein ausführlicher Überblick über die derzeitige Gesetzeslage und die durch HAF berührten Rechtsbereiche gegeben wird. In diesem Dokument wurden weiterhin erstmals die Definitionsstufen automatisierter Fahrzeuge veröffentlicht, die in den später veröffentlichten internationalen Definitionen der NHTSA und SAE immer auch als Referenz mit angeführt werden.

Ein Jahr später wurde, auf Initiative des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, der „Runde Tisch Automatisiertes Fahren“ ins Leben gerufen. Die Arbeitsgruppe, an der unter anderem Vertreter verschiedener Bundesministerien, Forschungseinrichtungen, Versicherungen sowie Mitglieder der Automobil- und Zulieferindustrie beteiligt sind, hat sich das Ziel gesetzt, eine national abgestimmte Position zu den wichtigsten Fragen des automatisierten Fahrens zu erarbeiten. Im Fokus steht hierbei der Übergang vom teil- zum hochautomatisierten Fahren, der aufgrund der bereits weit entwickelten Technik und der daher nötigen Gesetzesänderungen

¹⁴⁵ Eine Darstellung des deutschen Rechtsrahmens findet sich in Kapitel 5 dieses Berichts.

inhaltliche Priorität besitzt¹⁴⁶ (BMVI 2015b). Der Runde Tisch, der bisher noch ohne definierten Zeithorizont gegründet wurde und sich in die drei Arbeitsgruppen „Recht“, „Fahrer/Fahrzeug“ und „Forschung“ aufteilt, hat bereits angekündigt, bis zur Internationalen Automobilausstellung im September 2015 erste Arbeitsergebnisse in Form einer nationalen Entwicklungsstrategie für automatisiertes Fahren und erste Vorschläge für die Anpassung des rechtlichen Rahmens vorzustellen. Jedoch sind vorab bereits erste Widerstände aus dem Bundesjustizministerium zu vernehmen, die vermuten lassen, dass insbesondere die haftungsrechtliche Einordnung des hochautomatisierten Fahrens noch kontrovers diskutiert wird (Schesswendter 2015). Im Hinblick auf die öffentlich finanzierte Förderung von Forschung und Entwicklung laufen in Deutschland bereits seit Jahren nationale und EU-finanzierte Förderprogramme, welche die Entwicklung und Erprobung von ADAS und automatisierten Fahrfunktionen sowie Vernetzungstechnologien zum Ziel haben.

Abbildung 45 gibt einen Überblick über die größten EU-Projekte der letzten Jahre, die von der Erforschung des Platooning für den Personentransport (SARTRE) bis hin zum Einsatz vollautomatisierter Shuttle-Fahrzeuge im urbanen Raum (CityMobil / CityMobil2) reichen.

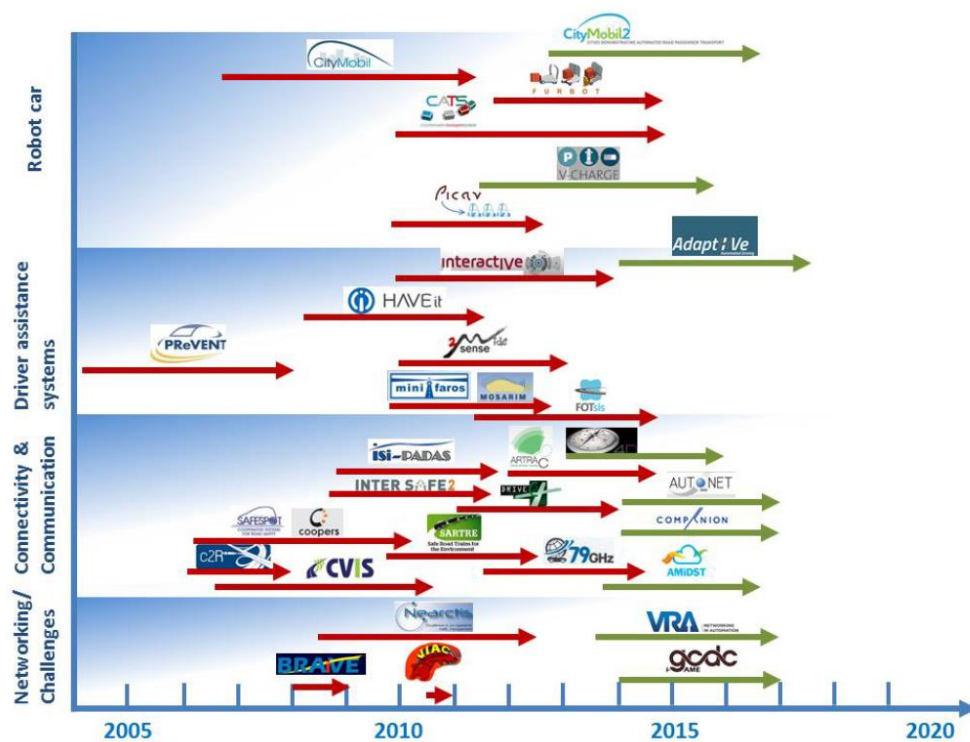


Abbildung 45: Überblick über EU-Forschungsprogramme zum automatisierten Fahren¹⁴⁷

Auf Bundesebene finanzieren die drei Ministerien BMBF, BMVI und BMWi eine Vielzahl von Förderprogrammen für das automatisierte und vernetzte Fahren. Zu nennen sind beispielsweise die Projekte simTD, AKTIV, UR:BAN, CONVERGE, Ko-FAS, die in den letzten Jahren viele Entwicklungen in den Bereichen ADAS, HAF und Vernetzung angeschoben und beschleunigt haben. Hervorzuheben ist das im August 2015

¹⁴⁶ Bericht des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur zur Verkehrsministerkonferenz am 16./17. April 2015
¹⁴⁷ EPoSS 2015

gestartete Projekt KO-HAF. In dem vom BMWi geförderte Verbundforschungsprojekt, welches unter der Leitung von Continental 16 Partner aus Industrie und Wissenschaft vereint, soll in erster Linie das kooperative hochautomatisierte Fahren erforscht werden, bei dem eine herstellerübergreifende Vernetzung von Fahrzeugen zur Ausweitung der Systemgrenzen von HAF-Fahrzeugen beitragen soll. Ein weiteres Projektziel ist die optimale Einbindung des Fahrers in Übernahmesituationen. Ein weiteres wichtiges Projekt ist das im Jahr 2015 startende Projekt PEGASUS (Projekt zur Etablierung von generell akzeptierten Gütekriterien, Werkzeugen und Methoden sowie Szenarien und Situationen zur Freigabe hochautomatisierter Fahrfunktionen), in dem Test- und Freigabeverfahren fortentwickelt werden (RTAF 2015). Hiermit wird eine der zentralen Herausforderungen im Bereich HAF zeitnah bearbeitet (vgl. Kap 4.5.4, Kap.4.9).

Die hier erwähnten Projekte decken bereits viele wichtige Bereiche des Themenspektrums Automatisierung ab und haben in den letzten Jahren eine Reihe wichtiger Entwicklungen beschleunigt. Hierbei wurde stets auch Wert auf die Anwendungsnähe der erforschten Inhalte gelegt, was eine Konzentration auf die Forschungsbedarfe von Automobilherstellern und -zulieferern impliziert. Somit wurden vor allem Projekte, die dem Paradigma des sich evolutionär entwickelnden automatisierten PKW entsprachen gefördert, was auch zu der führenden Rolle der deutschen Unternehmen in den Bereichen ADAS und HAF beigetragen hat. Projekte jedoch, die vollautomatisierte und fahrerlose Fahrzeugkonzepte als zeitlich parallele Entwicklung betrachten und bereits heute im öffentlichen Verkehr erforschen, sind in Deutschland bisher unterrepräsentiert.

Auch das Testen automatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen ist, entgegen der öffentlichen Darstellung, in Deutschland bereits seit längerem möglich. Prominentestes Beispiel hierfür ist die so genannte Bertha-Benz-Fahrt, die der Daimler-Konzern 2013 im öffentlichen und vornehmlich urbanen Verkehr durchführte. Aber auch Routine-Erprobungsfahrten für einzelne Assistenz- und Automatisierungsfunktionen finden seit Jahren auf deutschen Straßen im öffentlichen Verkehr statt. Diese Testgenehmigungen werden zwar nach wie vor als Sondergenehmigung ausgestellt und müssen jeweils bei den zuständigen Regierungspräsidien beantragt werden, jedoch bestätigten alle für die vorliegende Studie interviewten Fachexperten, dass die zu erfüllenden Auflagen und Prozessschritte keineswegs als kompliziert oder innovationshemmend zu bewerten sind, sondern mit den in Kalifornien vorgeschriebenen Auflagen vergleichbar sind (Experteninterview OEM 1; OEM 3; OEM 5; Zulieferer 2; Zulieferer 3). Nichtsdestotrotz wird es in der Zukunft unumgänglich sein, den Genehmigungsprozess für Testfahrten national zu standardisieren und weiter zu vereinfachen. Hierbei gilt es auch zu beachten, dass eine transparente und einheitliche Regulierung den Teststandort Deutschland künftig auch für ausländische Unternehmen attraktiv machen könnte, die hierzulande bisher keine Testaktivitäten durchführen.

Ein erster Schritt, der zeigt, dass die deutsche Politik Handlungsbedarf in Sachen Testbedingungen konstatiert hat, ist die Ankündigung des Verkehrsministeriums, einen Teilabschnitt der Autobahn A9 zwischen München und Nürnberg zum „Digitalen Testfeld Autobahn“ aufzurüsten (BMVI 2015c). Hierfür sollen entlang der Fahrbahn verschiedene Kommunikationseinheiten aufgebaut und getestet werden, um das Potenzial der Car2X-Kommunikation zu erforschen und zu belegen. Auch wenn hochautomatisierte Fahrzeuge nicht zwangsläufig auf die Kommunikation mit der Infrastruktur angewiesen sind und somit weiterhin in ganz Deutschland Testmöglichkeiten bestehen bleiben sollen, wird die Initiative des Ministeriums von der Automobilbranche begrüßt und bildet einen wichtigen Schritt, um die Potenziale der Fahrzeugvernetzung belegen und quantifizieren zu können. Ein wichtiger Aspekt ist hierbei weiterhin, dass durch den Aufbau öffentlicher Testfelder auch KMU und Universitäten einen besseren Zugang zu Testmöglichkeiten erhalten sollten. So verfügen OEM und Tier-1 Zulieferer einerseits über eigene Teststrecken und haben andererseits bereits seit Jahren die Möglichkeit mit Sondergenehmigungen im öffentlichen Verkehr zu testen. Öffentliche Testfelder hingegen stellen gerade für KMU

eine wichtige Möglichkeit dar, innovative Produkte, ggf. im Forschungsverbund zu erproben.

Die Bundesländer Baden-Württemberg und Niedersachsen haben dem Bundesrat vorgeschlagen, neben der Autobahn A9 weitere Versuchsstrecken für „autonomes“ Fahren auszuweisen (Bundesrat 2015).

6.7.1 Fazit des rechtlichen Vergleichs mit den Referenzstaaten im Hinblick auf die Fahrzeugautomatisierung

Als Schwierigkeit bei der Vergleichsanalyse hat sich ergeben, dass in den meisten betrachteten Referenzstaaten nicht explizit auf das hochautomatisierte Fahren – wie es Gegenstand des vorliegenden Berichts ist – abgestellt wird, sondern vielmehr allgemein auf „autonomes“ oder „automatisiertes“ Fahren eingegangen wird. Dabei tritt das in Kapitel 1 dieses Berichts dargelegte Problem der undifferenzierten Benennung und Verwendung der Automatisierungsgrade in diesem Abschnitt aufgrund der sprachlichen Verschiedenheiten besonders in Erscheinung.

Die vergleichende Analyse der zulassungs- und haftungsrechtlichen Hemmnisse auf dem Weg zum automatisierten Fahren hat ergeben, dass Japan, Großbritannien und Frankreich insbesondere aufgrund des Beitritts zum FTÜ in etwa vor den gleichen Herausforderungen stehen wie Deutschland. Singapur und die USA sind zwar nicht Vertragsparteien des WÜ und des FTÜ, jedoch des Genfer Übereinkommens über den Straßenverkehr von 1949, wodurch diese Staaten aus materiell-rechtlicher Sicht vor vergleichbaren Zulassungshürden bei der Umsetzung des automatisierten Fahrens stehen wie es in Deutschland der Fall ist. Hinsichtlich der Rechtslage Chinas kann aufgrund sprachlicher Hürden und wenig verfügbaren Quellen kaum eine Aussage getroffen werden. Durch die Unabhängigkeit von völkerrechtlicher Bindungswirkung im Straßenverkehrsbereich und der zentralistischen Struktur besteht jedoch die Möglichkeit rascher und kaum vorherzusehender gesetzlicher Anpassungen im Bereich der Fahrzeugautomation.

Festgestellt werden kann, dass in Großbritannien, Japan, Frankreich, Singapur und China bisher noch keine rechtlichen Novellen erkennbar sind. Einige Bundesstaaten der USA haben bereits Gesetze erlassen, die das „autonome Fahren“ betreffen. Diese beziehen sich jedoch nicht auf Serienzulassungen, sondern auf Testfahrten. Entsprechend sagen Industrievertreter teilweise, dass sich die juristischen Testbedingungen in den USA letztlich kaum von den deutschen unterscheiden (Experteninterview OEM 4). Als Vorteil der USA wird aus Sicht deutscher Industrie vorrangig die „Verrechtlichung“ der Testzulassung genannt und weniger die faktischen Testmöglichkeiten (Experteninterview Zulieferer 5).

Weitergehende Gesetzesnovellen, die beispielsweise der breiten Bevölkerung das Fahren mit automatisierten Fahrzeugen gestatten, wären aufgrund der normierten Beherrschungspflicht des Genfer Übereinkommens über den Straßenverkehr von 1949 wohl auch nicht möglich. Aus deutscher Sicht käme zwar in Betracht, ein vergleichbares (Ausnahmegenehmigungs-)Gesetz zu erlassen, um das hochautomatisierte Fahren auf Autobahnen zu Erprobungszwecken zu genehmigen. Allerdings besteht diesbezüglicher von deutscher Seite grundsätzlich kein Handlungsbedarf, da in StVO und StVZO weitgefaste Ausnahmegenehmigungsvorschriften enthalten sind, mit denen auch nach derzeitiger Rechtslage Erprobungsfahrten gestattet werden. Dabei sind die inhaltlichen Voraussetzungen der Ausnahmegenehmigung in etwa vergleichbar mit denen, welche

die US-Gesetze vorschreiben.¹⁴⁸ So muss das Fahrzeug auf den Fahrzeughersteller zugelassen sein, es müssen mindestens zwei geschulte Personen im Fahrzeug anwesend sein, wobei sich der Fahrer auf die Fahrtüberwachung und das Verkehrsumfeld zu konzentrieren hat. Das System muss ständig übersteuerbar sein. Es muss eine schriftliche Bestätigung der Haftpflichtversicherung auch für Erprobungszwecke vorliegen und die Fahrten müssen bspw. in einem Fahrtenbuch dokumentiert werden.¹⁴⁹

Da die USA Vertragspartner des Genfer Übereinkommens über den Straßenverkehr von 1949 sind und dieses vergleichbare Voraussetzungen an die Beherrschungspflicht stellt wie das WÜ, sind in den USA ähnliche zulassungsrechtliche Hürden auf dem Weg zum automatisierten Fahren zu erwarten wie in Deutschland.

Daneben steht ein wenig kalkulierbares Schadenersatzrecht, das diese zulassungsrechtlichen Voraussetzungen durch „punitive damages“ repressiv noch weiter einzuschränken vermag. Insofern sind Fahrzeughersteller mit einem erheblichen Schadensersatzrisiko belastet, wenn ihre Fahrzeuge am amerikanischen Verkehr teilnehmen.

Von einem „Quantensprung“ hinsichtlich der Zulassung automatisierter Fahrzeuge in den USA kann wie dargestellt nicht gesprochen werden, zumal das „Department of Motor Vehicles“, welches mit der konkreten Ausgestaltung des Gesetzes betraut ist, den gesetzlichen Vorgabefristen bisher hinterherhinkt.

Zudem wird erwartet, dass deutsche Regelungen eine höhere politische Verlässlichkeit aufweisen als in anderen Staaten (Experteninterview Zulieferer 3).

Die Industrie wünscht sich schnellstmöglich klare Rahmenbedingungen, die nicht einschränkend für hochautomatisiertes Fahren sind (Experteninterview Zulieferer 2). In der medialen Darstellung des Themas (hoch-)automatisiertes Fahren wird häufig die These vertreten, dass in den rechtlichen Rahmenbedingungen ein wirtschaftlicher Wettbewerbsnachteil insbesondere gegenüber den USA besteht (Dudenhöfer/Schneider 2015, S. 31f.). Ulrich Hackenberg, Mitglied des Vorstands bei Audi und verantwortlich für die technische Produktentwicklung, nennt die Testbedingungen in den USA sogar als Ursache für die Allokation von Entwicklungsmitarbeitern in den USA (Hackenberg 2015).¹⁵⁰ Die Argumentation konnte im Rahmen der hier vorgenommenen Analyse jedoch nicht nachvollzogen und ein eindeutiger „rechtlicher“ Rückstand gegenüber anderen Staaten nicht festgestellt werden.

6.7.2 Fazit des Vergleichs politischer Maßnahmen im Hinblick auf die Fahrzeugautomatisierung

Die Analyse der Rahmenbedingungen in den Vergleichsstaaten USA, Japan, China, Singapur, Frankreich und Großbritannien zeigt, dass das Thema der Fahrzeugautomatisierung bereits in vielen Ländern auf höchster politischer Ebene diskutiert wird und man auch von einem politisch-rechtlichen Wettbewerb unter den Nationen sprechen kann.

Neben den in Deutschland langwierigen Abstimmungsprozessen zwischen verschiedenen Akteuren, zeichnet sich derzeit jedoch eine geringere deutsche

¹⁴⁸ Da die Erteilung der Genehmigung im Ermessen der zuständigen Behörde steht, können einzelne Voraussetzungen der Ausnahmegenehmigungen jedoch abweichen.

¹⁴⁹ Diese Informationen basieren auf der Einsicht in eine durch das Regierungspräsidium Stuttgart ausgestellte Ausnahmegenehmigung nach § 70 StVZO. Aufgrund des gesetzlich eingeräumten Ermessens können Ausnahmegenehmigungen anderer Behörden abweichende Nebenbestimmungen beinhalten.

¹⁵⁰ Thomas Weber, Vorstand der Daimler AG für den Bereich Konzernforschung Mercedes-Benz Cars, nennt hingegen als Ursache für die Aktivitäten in den USA vorrangig, dass dadurch auch unter anderen (Straßen- und Umwelt-)Bedingungen als in Deutschland getestet werden kann (Weber 2015).

Testaktivität auf dem Gebiet des vollautomatisierten und autonomen Fahrens im urbanen Raum ab, als beispielsweise in Großbritannien, den USA oder Singapur. Auf der IAA 2015 wurden allerdings bereits u.a. Baden-Württemberg Testfelder auch für autonomes Fahren angekündigt.

Zudem wird vor einer zu starken Fokussierung ausschließlich auf das hochautomatisierte Fahren gewarnt, da andere Staaten das Thema der „intelligenten Mobilität“ durchaus umfassender und unter Einbeziehung höherer Automatisierungsgrade sowie einer intelligenten Infrastruktur behandeln. Unter den europäischen Staaten proklamiert derzeit lediglich Großbritannien eine größere rechtliche Flexibilität für den eigenen Standort, da das Land das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr nicht ratifiziert hat, weshalb es bestrebt ist, sich als erste Adresse in Europa für das Testen automatisierter Fahrzeuge zu etablieren. Da sich die derzeitigen Forschungsprojekte bisher jedoch auf Pilotprojekte des vollautomatisierten Fahrens im urbanen Raum beschränken und über weitreichende Testaktivitäten von OEM nichts bekannt ist, scheint es sich bisher lediglich um Ankündigungen der britischen Regierung zu handeln.

Bzgl. der USA sollte angemerkt sein, dass das föderale politische System des Landes zu Verzögerungen bei der Gesetzesanpassung und einer mangelnden Einheitlichkeit der Gesetzeslage führen könnte. Das derzeitige Bestreben der in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich schrumpfenden amerikanischen Automobilindustrie und der gleichzeitig aufstrebenden IT-Branche, möglichst innovationsfreundliche Rahmenbedingungen zu bieten, könnte jedoch ein starker Motivationsgrund sein, national einheitliche Rahmenbedingungen zu schaffen und die Forschung und Entwicklung im Land auch finanziell zu fördern. Derzeit ist auch die Tendenz zu beobachten, dass sich alle deutschen Automobilhersteller mit Forschungszentren in den USA und insbesondere im Silicon Valley ansiedeln, was häufig mit der innovativen Start-Up-Szene und der guten Zusammenarbeit amerikanischer Universitäten mit der freien Wirtschaft begründet wird. Explizite Vorteile hinsichtlich der politischen Umwelt können aus heutiger Sicht jedoch nicht festgestellt werden.

Ein gemischtes Bild ergibt sich weiterhin bei der Betrachtung Japans. Der scheinbare technologische Aufholbedarf der japanischen Automobilindustrie und die Verknüpfung des Themas automatisiertes Fahren mit relevanten politischen Zielen¹⁵¹ haben dazu geführt, dass das Thema des automatisierten Fahrens auf höchster politischer Ebene und im Rahmen einer interministeriellen, nationalen F&E-Strategie behandelt wird. Die immense Bedeutung der Automobilindustrie für die japanische Wirtschaft, die Erfahrungen aus den Verlusten der Unterhaltungselektronikindustrie und das zentral organisierte politische System verbunden mit einer langen Tradition an marktbeeinflussender, staatlicher Innovationspolitik könnten dazu führen, dass Japan in sehr kurzer Zeit technologisch zu europäischen und amerikanischen Herstellern aufschließt und sie politisch sowie rechtlich sogar überholt.

Ähnlich ist die Situation in China, wobei sich hier eine detailliertere Beurteilung des Status quo und der geplanten Maßnahmen aufgrund der ungünstigen Datenlage als äußerst schwierig erweist.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Relevanz und der politische Handlungsbedarf in Deutschland erkannt wurden, was sich in der Einrichtung des Runden Tisches oder in den seit mehreren Jahren laufenden Förderaktivitäten

¹⁵¹ Die drastische Senkung der Verkehrstoten und die Erhaltung der Mobilität einer alternden Bevölkerung werden mit der Erreichung der „Leitanbieterschaft“ für automatisierte Fahrerassistenzfunktionen und der Errichtung einer Verkehrsdaten-Infrastruktur zur zentralen Verarbeitung und Nutzung großer Mengen von Verkehrsdaten im Kontext betrachtet.

verschiedener Ministerien widerspiegelt. Auch die Forschung und Veröffentlichungen der BAST belegen, dass entsprechende Handlungsbedarfe rechtzeitig erkannt wurden und Maßnahmen derzeit detaillierter ausgearbeitet werden. Der häufig in den Medien angeprangerte politische „Rückstand“ Deutschlands auf andere Länder bezüglich der Einführung automatisierter Fahrfunktionen kann nicht uneingeschränkt bestätigt werden kann. Lediglich was die offizielle Formulierung von politischen und technischen Roadmaps und nationalen Zielsetzungen betrifft, haben einige Wettbewerbsländer einen zeitlichen Vorsprung. Dieser zeitliche Verzug Deutschlands gegenüber anderen Ländern, der sich momentan jedoch noch nicht anhand konkreter Maßnahmen bemisst, die andere Länder Deutschland voraus hätten, könnte jedoch ein Indiz dafür sein, dass Koordinierungs- und Abstimmungsprozesse in anderen Staaten zügiger vorstättengehen, was sich langfristig zu einem Standortnachteil für Deutschland entwickeln könnte. Speziell sei hier auf den sich anbahnenden Konflikt zwischen den Ministerien BMVI und BMJV hinsichtlich der Haftungsfrage verwiesen. Aus industriepolitischer Sicht wäre es daher wünschenswert, dass strittige Fragen zügig geklärt und auch aus wettbewerbspolitischer Sicht betrachtet und beantwortet werden. Ein restriktives Haftungsrecht, das den Fahrer auch im hochautomatisierten Modus in der Haftung belässt, hätte erhebliche negative Effekte für die Marktentwicklung in Deutschland. Ein möglicher zu prüfender Ansatz wäre die Gründung einer Ministerien-übergreifenden Instanz, welche alle relevanten Perspektiven der Industrie, Verkehrsplanung und des Rechtssystems in eine klare Zielhierarchie integriert und ganzheitlich vorantreibt.

7 Analyse der künftigen Markt- und Wertschöpfungsentwicklung

7.1 Markt und Wertschöpfungsentwicklung im Bereich ADAS bis 2020

7.1.1 Absatz der betrachteten ADAS 2020

Zwischen den Jahren 2014 und 2020 kommt es zu einer regional differenzierten Marktdiffusion der betrachteten Systeme.

ADAS werden bis 2020 mit zweistelligen Wachstumsraten (25% CAGR)¹⁵² wachsen und die Entwicklung und die Akzeptanz von automatisierten Fahrzeugen weiter beschleunigen (Visiongain 2014; Experteninterview Zulieferer 2). Heute sind ADAS in der Ober- und Mittelklasse zumindest als Zusatzausstattung verbreitet und auch die Diffusion in die Volumensegmente hat bereits eingesetzt. Wesentliche Triebfedern für die weitere Entwicklung des Marktes für ADAS sind die Testprogramme der Zertifizierungsgesellschaften für Fahrzeugsicherheit (NCAP) sowie Kostenverbesserungen und preisgünstigere Lösungen (Seeck 2015, S.18; Visiongain 2015; Stapel 2015, S.23). Beide Entwicklungen sind nicht unabhängig voneinander. In Europa beispielsweise sorgen die Vorgaben von Euro NCAP für eine „Demokratisierung“ des Marktes für ADAS (Stapel 2015, S.23). So wird z.B. erwartet, dass ab dem Jahr 2018 nahezu jedes Neufahrzeug in Deutschland mit einem aktiven Notbremssystem ausgestattet sein wird (Shashua 2015). Abbildung 46 zeigt den Absatz der betrachteten ADAS.

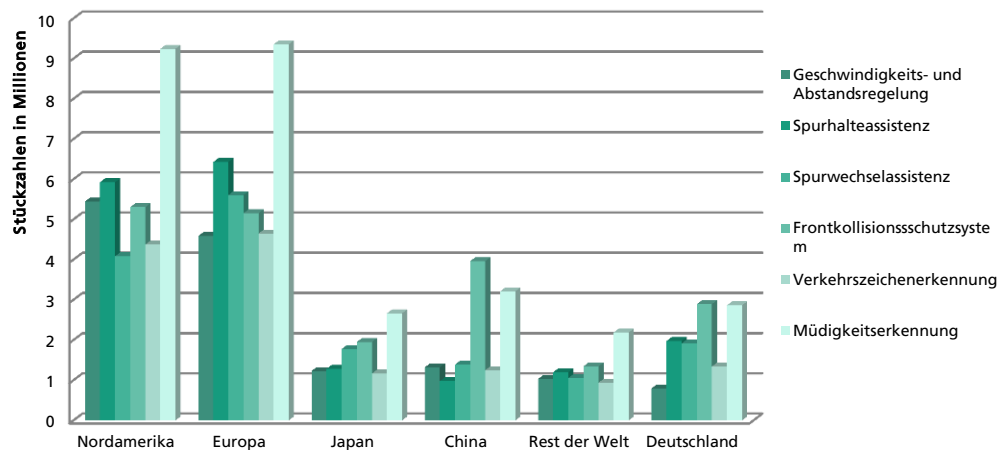


Abbildung 46: Absatz von ADAS im Jahr 2020 nach Regionen¹⁵³

¹⁵² Eigene Berechnungen auf Basis von (Auszug): Frost & Sullivan 2013, 2014 b,c,f, Roland Berger 2014, Experteninterviews.

¹⁵³ Eigene Berechnungen auf Basis von (Auszug): Frost & Sullivan 2013, 2014 b,c,f, Roland Berger 2014, Experteninterviews.

7.1.2 Preise der betrachteten ADAS 2020

Die Kosten und Preise der betrachteten ADAS werden in den nächsten Jahren kontinuierlich sinken. Dies liegt neben Skalen- und Lerneffekten insbesondere auch in der synergetischen Nutzung wesentlicher Komponenten begründet. Aus der Produktstrukturierung in Kapitel 3.1 lässt sich entnehmen, dass einige Komponenten (z.B. Kameras) für mehrere Funktionen benötigt werden. Da die Anzahl der ADAS zunimmt, können bei einigen Komponenten zunehmend Synergien genutzt werden. Abbildung 47 zeigt die Preisentwicklung der betrachteten ADAS zwischen 2014 und 2020.

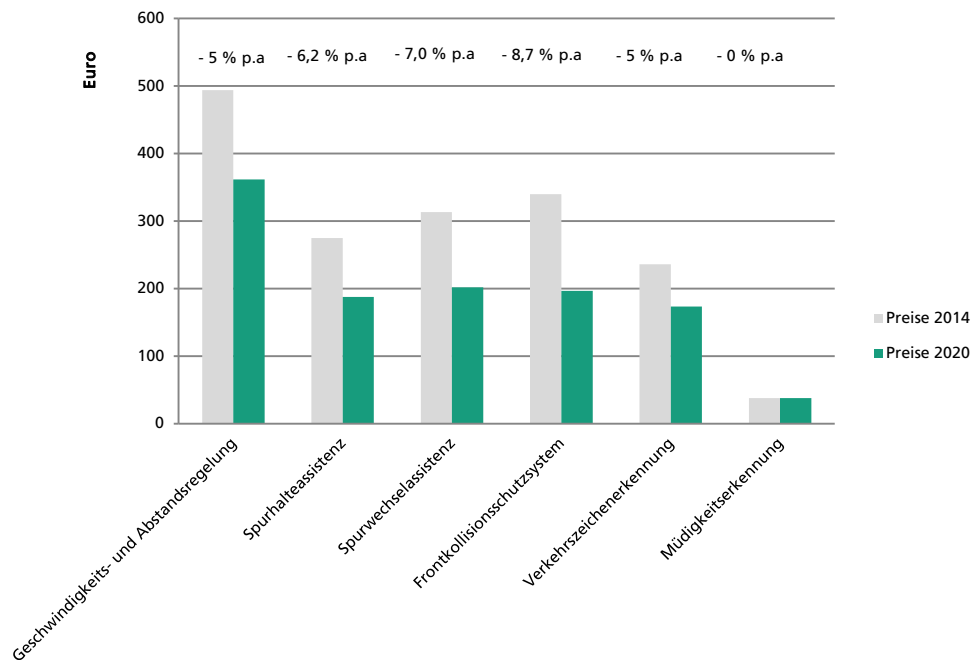


Abbildung 47: Preisentwicklung von ADAS zwischen 2014 und 2020¹⁵⁴

7.1.3 Marktvolumen ADAS 2020

Durch Multiplikation der Marktpreise mit den prognostizierten Stückzahlen erhält man das Umsatz-/Marktvolumen. Die Berechnung ergibt ein Wachstum des Gesamtmarktvolumens für ADAS zwischen den Jahren 2014 und 2020 von 4,38 Mrd. Euro auf 17,3 Mrd. Euro. Wie Abbildung 48 darstellt, wird der Markt von Europa und USA dominiert.

¹⁵⁴ Eigene Berechnungen auf Basis einer eigenen Auswertung der Sonderausstattungspreislisten deutscher Hersteller sowie von Frost & Sullivan 2013, 2014 b,c,f.

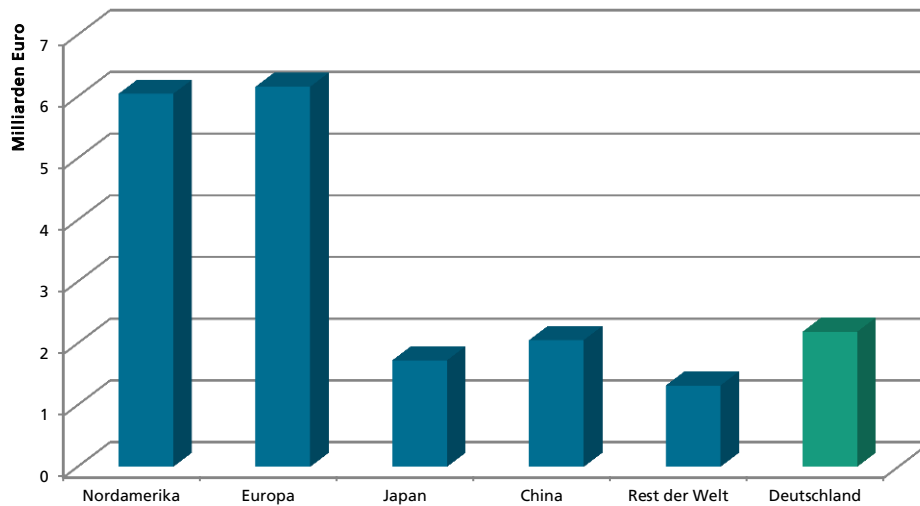


Abbildung 48: Marktvolumen mit ADAS im Jahr 2020 nach Regionen¹⁵⁵

Der Anteil von ADAS-Komponenten steigt in Deutschland zwischen 2014 und 2020 von 191 Euro auf durchschnittlich über 600 Euro pro Fahrzeug an.

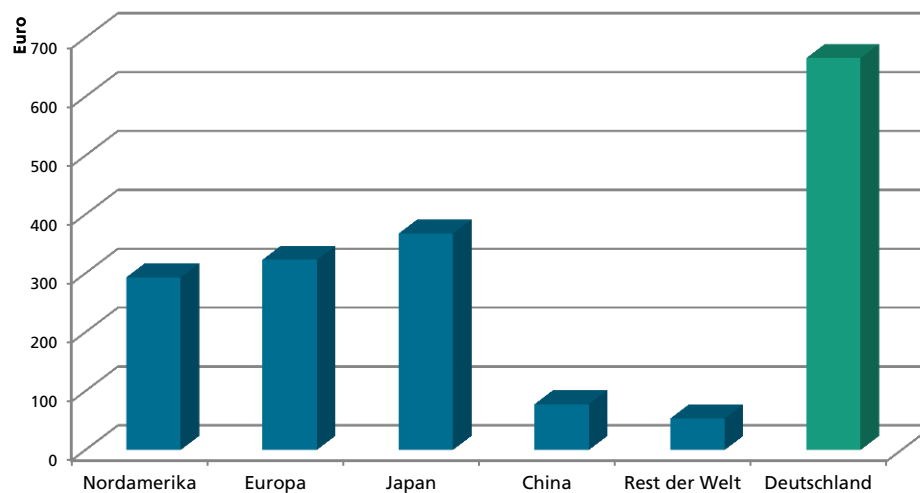


Abbildung 49: Umsatz mit ADAS (Euro) pro Fahrzeug im Jahr 2020 nach Regionen¹⁵⁶

7.1.4 Definition der Wertschöpfungsmodule

Die Wertschöpfung für ADAS im Jahr 2020 kann in dieselben Wertschöpfungsmodule unterteilt werden, wie sie in Kapitel 3.2. für ADAS 2014 definiert wurden:

¹⁵⁵ Eigene Berechnungen auf Basis von Informationen in der Literatur (Bezüglich der Stückzahlen: u.a. Frost & Sullivan 2013, 2014 b,c,f), Roland Berger 2014, Experteninterviews. Bezüglich der ADAS-Preise: Eigene Recherche anhand von Unternehmensangaben und Marktforschungsstudien. Für die Kostendegression wurden die systemspezifischen Degressionsverläufe von Frost & Sullivan übernommen und auf die eigene Preisermittlung übertragen)

¹⁵⁶ Eigene Berechnungen, basierend auf den Datengrundlagen von Abbildung 12 und Abbildung 46. Die Datengrundlagen von Abbildung 12 wurden basierend auf Bosch 2013; A.T. Kearney 2012; Roland Berger 2013; Polk2013; AlixPartners 2014 hochgerechnet und anhand der regionenspezifischen Daten von (AT Kearney, Polk und Global Insight) regionalisiert.

- Entwicklung und Herstellung der Umfoldsensorik
- Entwicklung und Herstellung der Steuergeräte (Hardware)
- Entwicklung der Software (Modellierung und Algorithmen)
- Entwicklung und Herstellung des HMI¹⁵⁷
- Systemintegration
- Validierung und Systemtests / Fahrzeugintegration / Vertriebsmarge¹⁵⁸
- Entwicklung und Bereitstellung von Kartenmaterial und Backend-Services

7.1.5 Bestimmung des Produktions- und Entwicklungsanteils der Wertschöpfungsmodule

Hinsichtlich des Produktions- und Entwicklungsanteils der Wertschöpfungsmodule wird keine Veränderung gegenüber heutigen ADAS angenommen. Zwar ist grundsätzlich davon auszugehen, dass je nach Zuschlagsberechnung der Entwicklungskosten auf die Systeme im Zeitablauf der Entwicklungsanteil abnimmt, allerdings ist bei ADAS davon auszugehen, dass gleichbleibend hohe Entwicklungsaufwände in die Fortentwicklung der Systeme investiert werden. Entsprechend ergeben sich im Jahr 2020 folgende Anteile von Produktions- und Entwicklungstätigkeiten.

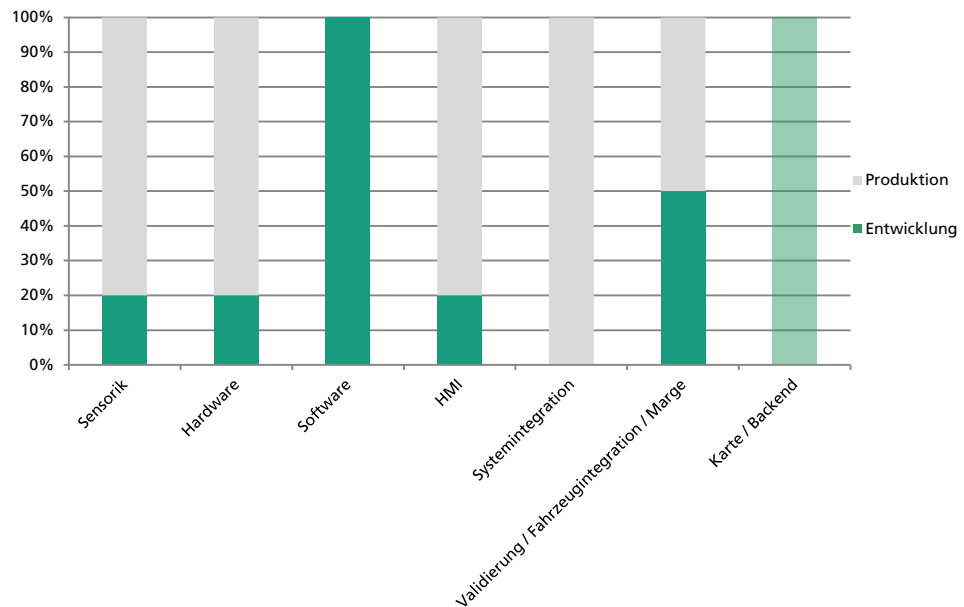


Abbildung 50: Produktions- und Entwicklungsanteile der ADAS-Wertschöpfung 2020¹⁵⁹

7.1.6 Zuordnung der Akteursgruppen zu den Wertschöpfungsmodulen

Auch für das Jahr 2020 wird davon ausgegangen, dass die Herstellung und Entwicklung der Sensorik und Hardware sowie die Systemintegration von Zulieferunternehmen vorgenommen wird. Die Entwicklung der Software sowie die Entwicklung und Herstellung des HMI wird arbeitsteilig zwischen Zulieferunternehmen

¹⁵⁷ Komponenten der Innenraumsensorik werden dem HMI zugeordnet.

¹⁵⁸ Hierbei werden alle Wertschöpfungsschritte nach der Produktion der Komponenten zu einem Wertschöpfungsmodul zusammengefasst.

¹⁵⁹ Annahmen auf Basis von Expertenbefragungen.

und Automobilherstellern durchgeführt. Die Validierung und Fahrzeugintegration sowie der Betrieb des Backends werden in der Verantwortung der Hersteller liegen.

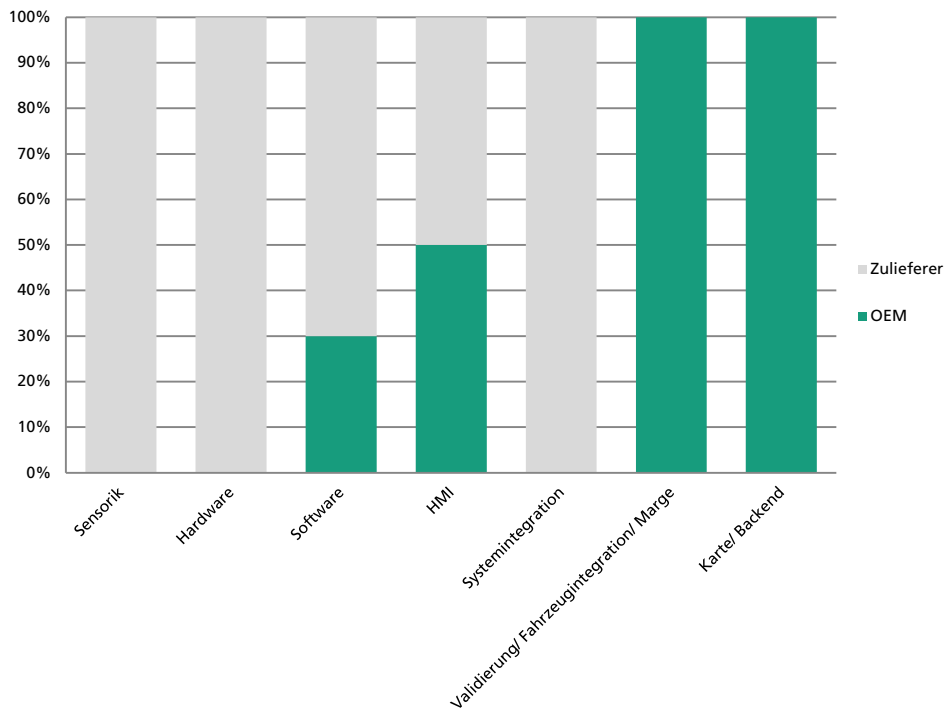


Abbildung 51: Anteile von Herstellern und Zulieferern an den Wertschöpfungsmodulen von ADAS 2020¹⁶⁰

7.1.7 Bestimmung der Wertanteile der Wertschöpfungsmodule am Gesamtsystem

Bezüglich der Wertanteile der ADAS-Systeme wurde eine proportionale Kostendegression der einzelnen Komponenten angenommen. Somit gelten hinsichtlich der Wertanteile die in Kapitel 3.3.3 dargestellten Werte (vgl. Abbildung 52).

¹⁶⁰ Annahmen auf Basis von Expertenbefragungen.

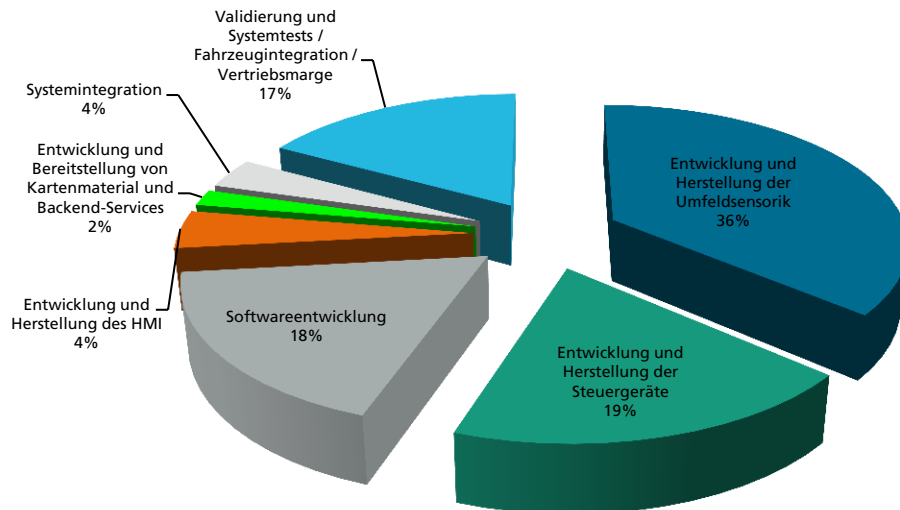


Abbildung 52: Wertanteile im ADAS-Markt 2020¹⁶¹

7.1.8 Marktanteile Hersteller/Zulieferer

Es wird davon ausgegangen, dass die Marktanteile der deutschen Automobilhersteller und Automobilzulieferer an ADAS (bezogen auf die jeweiligen Wertschöpfungsstufen) gegenüber dem Jahr 2014 unverändert bleiben. Entsprechend können die Werte aus den Abbildungen 18 und 19 herangezogen werden.

7.1.9 Standortanteile der deutschen Akteure je Wertschöpfungsmodul

Unter Berücksichtigung der Inlandsanteile der Automobilhersteller und Automobilzulieferer (vgl. Abbildung 21) ergeben sich für die definierten Wertschöpfungsmodul die in Abbildung 43 dargestellten Inlandsanteile am Marktanteil.

¹⁶¹ Eigene Berechnungen auf Basis von Experteninterviews, Unternehmensangaben und einzelnen Kosteninformationen aus diversen Literaturquellen.

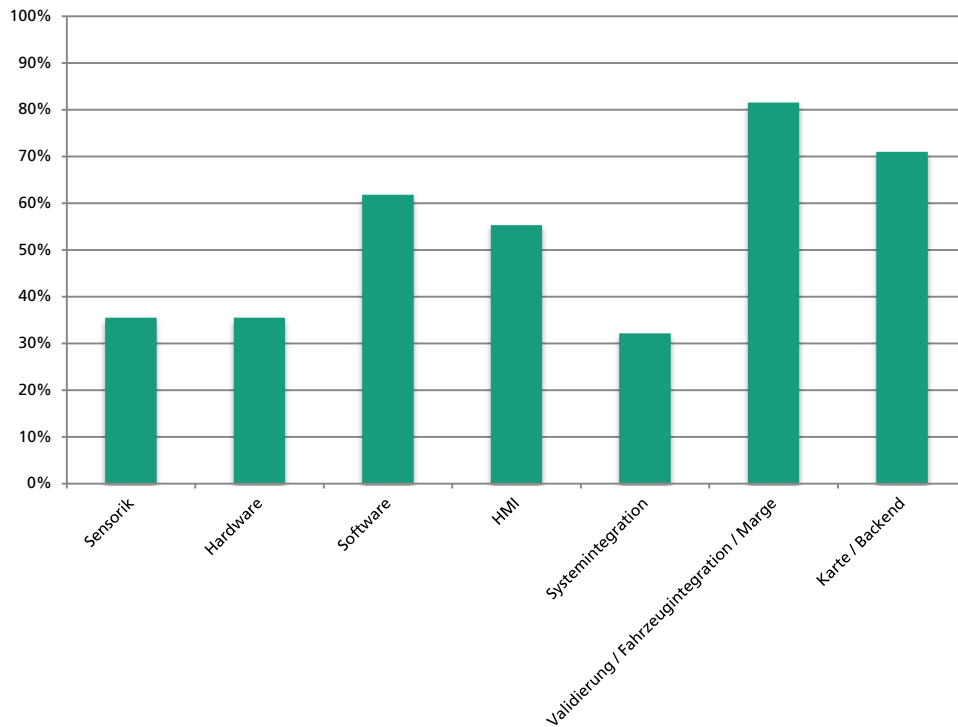


Abbildung 53: Inlandsanteile am Marktanteil deutscher Akteure bei ADAS 2020¹⁶²

7.1.10 Leistungstiefe und Importanteile je Wertschöpfungsmodul

Auch bei den Leistungstiefen und den Importanteilen je Wertschöpfungsmodul wird gegenüber 2014 nicht von einer Veränderung ausgegangen. Entsprechend werden für die Leistungserstellung der deutschen Hersteller und Zulieferer bezogen auf die definierten Wertschöpfungsmodul die in Abbildung 54 dargestellten Vorleistungs- und Importanteile herangezogen.

¹⁶² Eigene Berechnungen auf Basis von Geschäftsberichten und Unternehmensangaben.

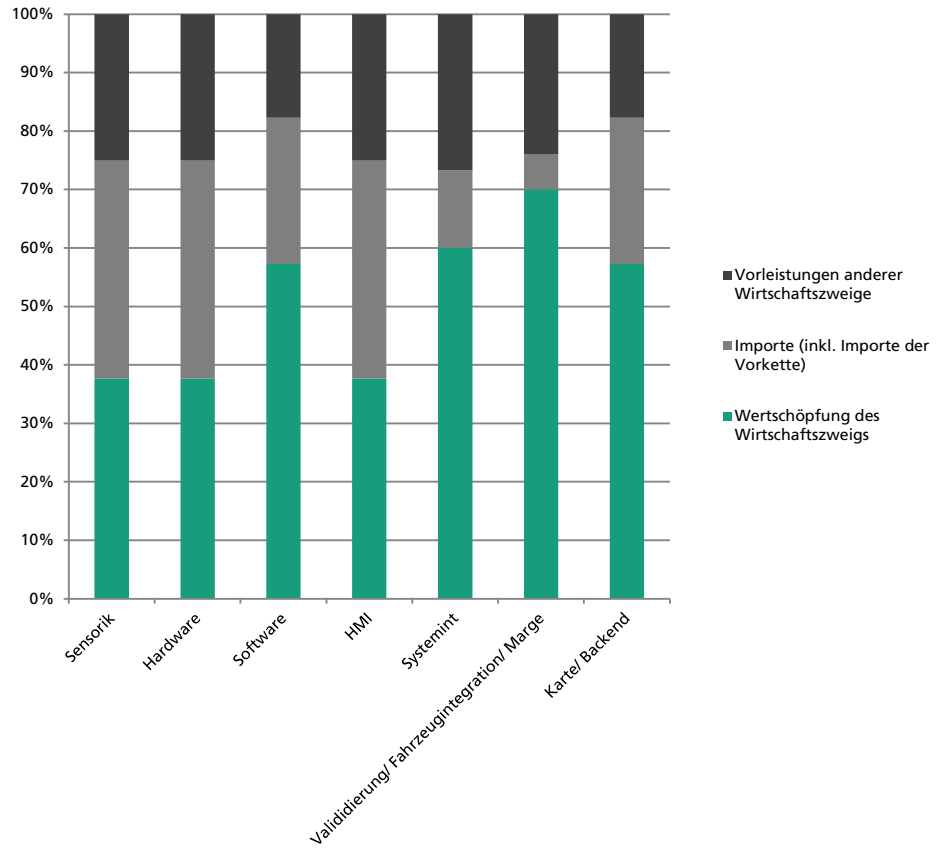


Abbildung 54: Leistungstiefe der ADAS-Wertschöpfungsmodule 2020¹⁶³

7.1.11 Output: Wertschöpfung ADAS im Jahr 2020

Der deutsche Wertschöpfungsanteil (NACE29) steigt unter der (optimistischen) Annahme, dass Hersteller und Zulieferer ihre heutigen Marktanteile halten können und die Standortanteile der deutschen Hersteller/Zulieferer sowie Leistungstiefen unverändert bleiben bis 2020 auf 2,14 Mrd. Euro. Diese Wertschöpfung teilt sich wie in Abbildung 55 dargestellt auf die definierten Wertschöpfungsmodule auf.

¹⁶³ Eigene Berechnungen auf Basis der Input-Output-Statistik des Statistischen Bundesamts. Bei Sensorik, Hardware und HMI wurden die jeweilige Referenzindustrie E/E mit zwei Drittel und die Automobilindustrie mit einem Drittel einberechnet. Bei IT, Backend / Karte wurde die jeweilige Referenzindustrie IT mit zwei Drittel und die Automobilindustrie mit einem Drittel einberechnet. Bei Systemintegration, Fahrzeugintegration, Marge wurde Annahmen auf Basis von Expertenaussagen getroffen.

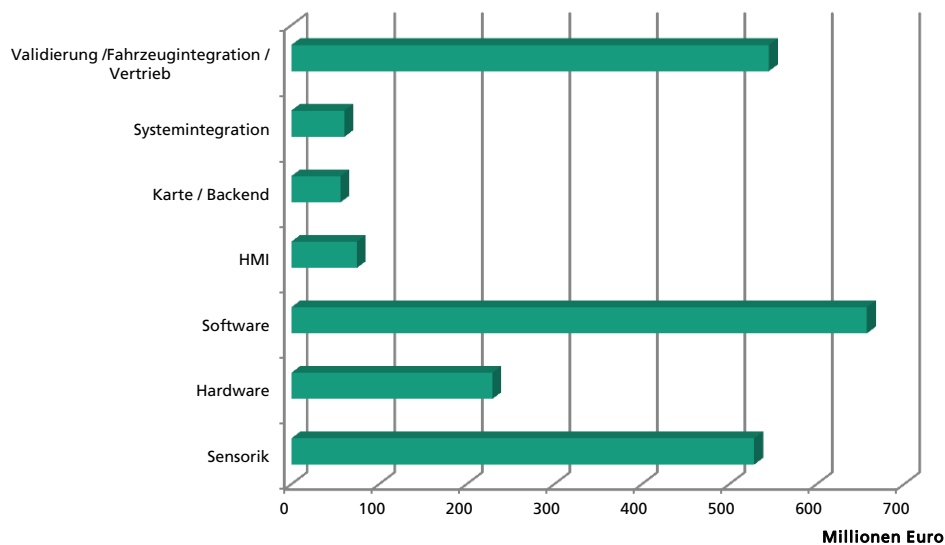


Abbildung 55: Wertschöpfung durch ADAS (Euro) am Standort Deutschland im Jahr 2020¹⁶⁴

7.1.12 Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem unter Berücksichtigung des Produktivitätszuwachses

Bei einem Produktivitätszuwachs der Automobilindustrie am Standort Deutschland von 2% p.a. steigt die Arbeitsproduktivität der Automobilindustrie bis zum Jahr 2020 auf 113.678 Euro Bruttowertschöpfung je Beschäftigten.

7.1.13 Output: Beschäftigung durch ADAS im Jahr 2020

Mit der dargestellten Wertschöpfung geht somit eine Beschäftigung von 18.827 Beschäftigten einher (NACE29). Innerhalb der NACE29-Unternehmen wird somit im Bereich ADAS zwischen 2014 und 2020 ein zusätzlicher Bedarf an 13.414 Beschäftigten erwartet.

Zudem induziert die Wertschöpfung der NACE29-Unternehmen eine Beschäftigung in der Vorleistungskette in Höhe von 13.145 Beschäftigten.

Diese Arbeitsplätze sind jedoch bezogen auf die Gesamtbeschäftigtenanzahl nicht zwangsläufig als „zusätzliche“ Arbeitsplätze zu interpretieren, da für den Automobilstandort Deutschland Substitutionseffekte erwartet werden. Die Lebenszykluskosten für Automobilität haben sich inflationsbereinigt in den letzten Jahrzehnten kaum geändert (Experteninterview Branchenexperte 5)¹⁶⁵. Die im Rahmen dieser Studie befragten Experten sind zudem der Meinung, dass das für Automobilität

¹⁶⁴ Eigene Berechnung auf Basis des beschriebenen Modells. Für die Ermittlung der Standortanteile wurden Geschäftsberichte genutzt und dedizierte Anfragen an die relevantesten Zulieferer und Automobilhersteller gestellt. Für die Ermittlung der Vorleistungen wurden die Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamts verwendet.

¹⁶⁵ So hat sich beispielsweise der durchschnittliche Neuwagenpreis für Pkw in Deutschland seit 2004 inflationsbereinigt kaum verändert (2004: 20.903 €, 2014: 20.999 €) (Eigene Berechnungen auf Basis von DAT 2015, S.81)

zur Verfügung stehende Gesamtbudget der Kunden in realen Preisen künftig konstant bleiben bzw. zumindest nicht stark ansteigen wird (Experteninterview Branchenexperte 5, Experteninterview IT-Branche 1). Aufgrund der steigenden Bedeutung der Konnektivität der Fahrzeuge sowie von Assistenz- und Automatisierungsfunktionen wird eine Verschiebung in diese Segmente erwartet – dies zu Lasten beispielsweise der Fahrzeuggröße, einer stärkeren Motorisierung oder Komponenten, die eine sportliche Fahrweise ermöglichen (Branchenexperte IT-Branche 1, Experteninterview Branchenexperte 5). Die wegfallenden Komponenten sind allerdings Wertschöpfungssegmente in denen der Standort Deutschland heute über hohe Wertschöpfungsanteile verfügt. Insofern ist die Verschiebung der Wertschöpfung in Richtung von Fahrerassistenz- und Automatisierungssysteme nicht mit einer Marktausweitung verbunden, sondern stellt in erster Linie ein Risiko für den Standort Deutschland dar, da der hohe Wertschöpfungsanteil Deutschlands im Bereich der an Bedeutung verlierenden Wertschöpfungssegmenten in den wachsenden Bereichen gehalten werden muss.

7.2 Markt und Wertschöpfungsentwicklung im Bereich HAF bis 2020

7.2.1 Absatz von HAF-Systemen im Jahr 2020

Der Markthochlauf für HAF beginnt im Jahr 2018. Auf Basis einer Meta-Studie wird im Jahr 2020 ein globaler Absatz von ca. 200.000 HAF-Fahrzeugen erwartet. Bis zum Jahr 2025 steigt die erwartete Anzahl auf 6,22 Mio. Fahrzeuge an (Navigant 2015, IHS 2015, Berylls 2015, Frost & Sullivan 2014h). Das hohe Wachstum lässt sich am anschaulichsten auf einer halblogarithmischen Skala darstellen.

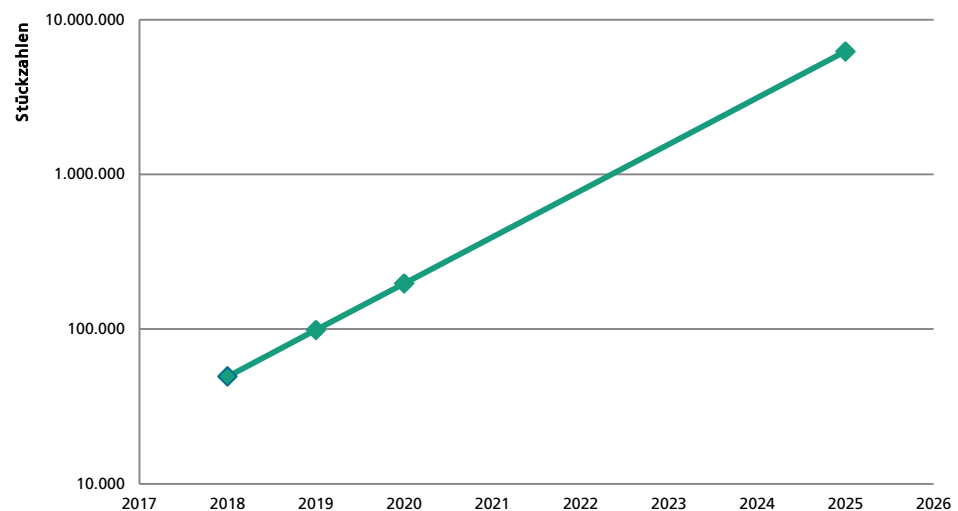


Abbildung 56: Weltweiter Absatz von Fahrzeugen mit HAF-Funktion bis 2025¹⁶⁶

In Deutschland werden im Jahr 2020 knapp 93.000 Fahrzeuge deutscher Hersteller verkauft, die über HAF als Zusatzausstattung verfügen.¹⁶⁷ Geht man von gleichbleibenden Marktanteilen Deutschlands im Bereich HAF wie im Bereich ADAS

¹⁶⁶ Eigene Berechnung auf Basis einer Meta-Studie auf der Grundlage von Navigant 2015, IHS 2015, Berylls 2015, Frost & Sullivan 2014h.

¹⁶⁷ Eigene Berechnung auf Basis von Unternehmensangaben zur Markteinführung von HAF-Fahrzeugen und KBA-Zulassungszahlen.

aus, würde der deutsche Anteil am Weltmarktabsatz im Jahr 2020 26.107 von 197.333 Fahrzeugen betragen. Der deutsche HAF-Fahrzeug-Bestand würde dann 45.929 Fahrzeuge betragen.

Der Pkw-Absatz in den betrachteten Märkten stellt das (langfristige) Maximalpotenzial für HAF dar. Zwischen 2014 und 2020 wird die in Abbildung 57 dargestellte Marktentwicklung erwartet.

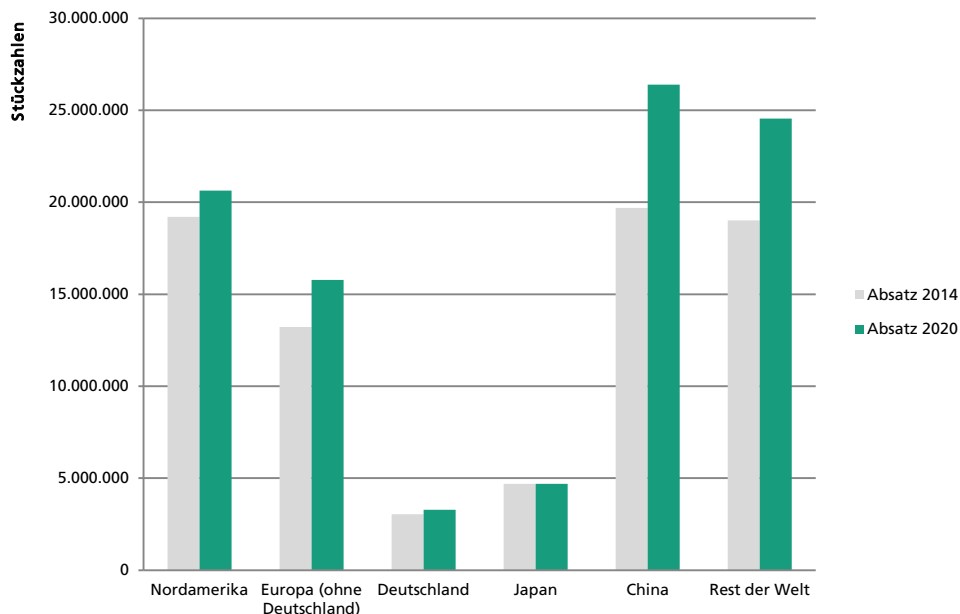


Abbildung 57: Vergleich der wesentlichen Absatzmärkte im Automobilsektor 2014-2020¹⁶⁸

Da neue Assistenz- und Automatisierungsfunktionen größtenteils zunächst als Zusatzausstattung im Premiumsegment und insbesondere in der Oberklasse vermarktet werden, wird unterstellt, dass die Marktanteile im Premiumsegment und in der Oberklasse positiv mit den Marktanteilen im Markt für Fahrerassistenz und Automatisierung korrelieren. Auch HAF wird zunächst bei Premiumfahrzeugen angeboten werden (Herrtwich 2015). Vor diesem Hintergrund wird die Hypothese vertreten, dass Märkte, in denen der Anteil von Premiumfahrzeugen am Gesamtmarkt bereits heute hoch ist, auch eine größere Nachfrage nach hochautomatisierten Fahrfunktionen aufweisen werden.

Zum Premiummarkt werden folgende Marken / Modelle gezählt:

Acura, Aston Martin, Audi, Bentley, BMW, Citroen DS, Cadillac, Ferrari, Infiniti, Jaguar, Land Rover, Lamborghini, Lexus, Lincoln, Lotus, Maserati, Mercedes, Mini, Porsche, Rolls-Royce, Smart, Volkswagen Phaeton, Volkswagen Touareg, und Volvo.

¹⁶⁸ Eigene Darstellung auf Basis von (OICA 2015, IHS 2015). Während sich die Daten der Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (OICA) auf die nach der jeweiligen Landeshomologation zugelassenen Fahrzeuge beziehen, referenzieren die Daten des VDA und der Marktforschungseinrichtung IHS Polk auf Fahrzeuge, die überwiegend zum Personentransport genutzt werden („Passenger Cars“). Für die genannten Marktzahlen wurde letztere Definition von Pkw zugrunde gelegt.

Deutschland weist von den betrachteten Märkten den mit Abstand größten Anteil von Premiumfahrzeugen am Gesamtmarkt auf.

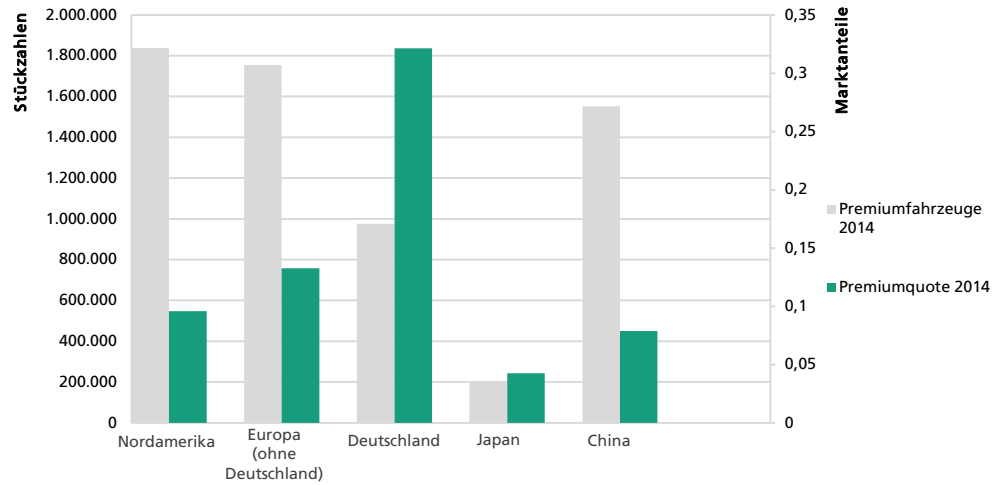


Abbildung 58: Stückzahl und Marktanteil von Premiumfahrzeugen 2014 nach Regionen¹⁶⁹

Ein anderes Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Oberklasse-Fahrzeuge. Hierzu werden folgende Fahrzeuge gezählt: Audi (A7, S7, RS7, A8, S8), Bentley (Continental, Mulsanne), BMW (6er, 7er), Cadillac STS, Jaguar XJ, Lexus LS, Maserati Quattroporte, Maybach, Mercedes (CL, CLS, S-Klasse), Porsche Panamera, Rolls-Royce (Ghost, Phantom, Wraith), Tesla Model S, VW Phaeton.

Auch hier weist Deutschland mit ca. 1% Anteil von Oberklasse-Fahrzeugen an den Neuwagen einen relativ hohen Marktanteil auf. In den USA¹⁷⁰ ist der Anteil von Oberklasse-Fahrzeugen am Gesamtmarkt jedoch noch höher als in Deutschland, während auch China (auf deutlich höherem absolutem Niveau) nur noch knapp hinter Deutschland liegt.

¹⁶⁹ Eigene Berechnungen auf Basis von (McKinsey 2013; OICA 2015).

¹⁷⁰ Da keine Daten für Nordamerika insgesamt vorlagen, wurden anders als bei den weiteren Marktzahlen in diesem Kapitel nur die USA einbezogen.

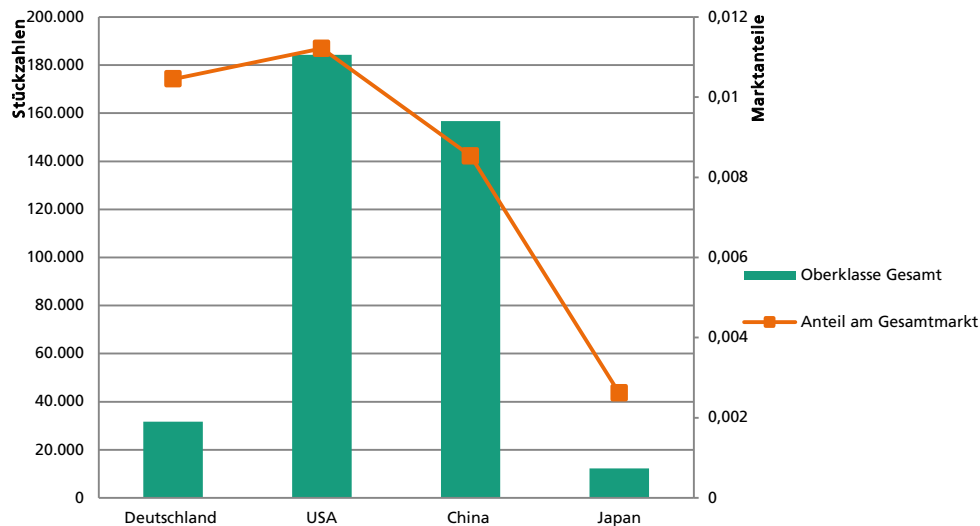


Abbildung 59: Stüczahl und Marktanteil von Oberklasse-Fahrzeugen 2014 nach Regionen¹⁷¹

Wählt man auf Basis dieser Daten eine andere Vorgehensweise zur Berechnung des deutschen HAF-Marktes 2020, indem man die HAF-Ankündigungen der deutschen Hersteller zugrunde legt, die Zeitpunkte der Markteinführungen neuer Modelle der Oberklasse-Fahrzeuge verwendet und von einer zeitnahen Diffusion in die obere Mittelklasse ausgeht, so ergibt sich daraus bei der Annahme, dass die HAF-Ausstattungsquote bei 30% liegt, mit 46.015 Fahrzeugen eine sehr ähnliche Größenordnung für 2020.¹⁷²

Aus Sicht der Industrie wird eine sehr schnelle Marktdiffusion von HAF („innerhalb weniger Jahre zum Standard“) mit Verweis auf den Verlauf einiger Fahrerassistenz- und Sicherheitsfunktionen als realistisches Szenario eingeschätzt (Experteninterview OEM 1, Experteninterview IT-Branche 1). Experten erwarten, dass HAF insbesondere dann sehr schnell eine hohe Nachfrage und wachsende Einbauraten aufweisen wird, wenn die Funktion aus Kundensicht – insbesondere aus Sicht von Kunden mit einer hohen Fahrleistung – einen hohen Nutzen generieren kann. Dieser entsteht vor allem durch die Realisierung einer hohen funktionalen Sicherheit, eines hohen Streckenfreigabenanteils und möglichst wenigen Situationen, in denen eine Übernahme durch den Fahrer notwendig ist, weil das System dann verlässlich, umfänglich und möglichst unterbrechungsfrei genutzt werden kann (Experteninterview OEM 5).

Für Automobilhersteller bringt diese Marktperspektive den „Zwang“ mit sich, HAF mittelfristig anbieten zu müssen (Experteninterview OEM 1). Zudem besteht aufgrund der hohen Entwicklungskosten der Anreiz, möglichst schnell eine hohe Marktdurchdringung zu erreichen (Experteninterview Branchenexperte 4). Die reine HAF-Funktionalität könnte daher nur kurze Zeit differenzierend sein – in dem Zeitraum, indem sie in nur wenigen Fahrzeugen verfügbar ist. Später werden vor allem das HMI

¹⁷¹ Eigene Berechnungen auf Basis der vorliegenden statistischen Informationen u.a. KBA (2015) sowie zahlreichen Unternehmensangaben.

¹⁷² Berücksichtigt wurden Mercedes-Benz S-Klasse und E-Klasse, BMW 7er und 5er sowie Audi A8 und A6. Auf die genannten Fahrzeuge entfällt gemäß KBA insgesamt einen Absatz in Höhe von 138.440 Fahrzeugen p.a. (Mittelwert der Jahre 2012-2014). Ab 2017 / 2018 wird die Markteinführung von HAF-Systemen im Audi A8 und der Mercedes-Benz S-Klasse erwartet.

und die Adaption des Fahrzeugs an den Fahrer zu wettbewerbsdifferenzierenden Merkmalen werden (Experteninterview Branchenexperte 4).

Die deutsche Automobilindustrie geht von einer parallelen Einführung von HAF in den meisten relevanten Märkten aus. Gleichzeitig werden allerdings Unterschiede beim Streckenfreigabeanteil in den verschiedenen Märkten erwartet, was Auswirkungen auf die Attraktivität von HAF in den jeweiligen Märkten hat (Experteninterview OEM 5). Hierin liegt ein Ansatzpunkt für die deutsche Politik und Industrie. Gemeinsames Ziel sollte es sein, einen möglichst hohen Streckenfreigabeanteil für HAF-Funktionen zu erreichen.

7.2.2 Preise von HAF-Systemen im Jahr 2020

Zwischen den Jahren 2018 und 2020 wird ein HAF-Marktpreis in Höhe von durchschnittlich 3.657 Euro netto erwartet. Von einer Preisreduktion wird in diesem Zeitraum nicht ausgegangen, da eher zu erwarten ist, dass die Funktionsumfänge zunehmen werden (zunehmend höhere Geschwindigkeiten, Spurwechsel etc.).

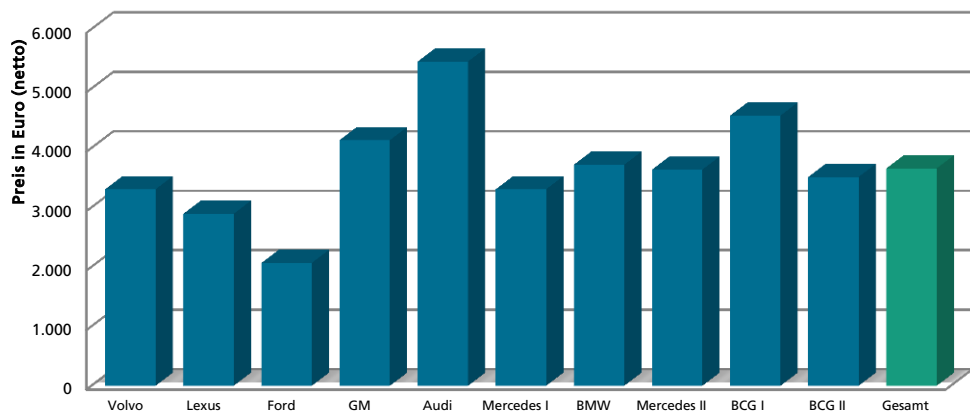


Abbildung 60: Preise für HAF-Systeme in der Einführungsphase¹⁷³

7.2.3 Marktvolumen mit HAF im Jahr 2020

Im Jahr 2020 wird der globale HAF-Markt nur einen Bruchteil des ADAS-Marktes ausmachen und eine Größe von knapp 722 Mio. Euro aufweisen.

7.2.4 Definition der Wertschöpfungsmodule

Die Wertschöpfung im Bereich HAF kann in folgende Wertschöpfungsmodule unterteilt werden:

- Entwicklung und Herstellung der Umfeldsensorik
- Entwicklung und Herstellung der Aktorik
- Entwicklung und Herstellung der Steuergeräte (Hardware)
- Entwicklung der Software (Modellierung und Algorithmen)
- Entwicklung und Herstellung des HMI¹⁷⁴

¹⁷³ Eigene Berechnung auf Basis von (Frost & Sullivan 2014h; Herrtwich 2014; BCG (2015a); BCG (2015b)).

- Entwicklung und Herstellung der Unfalldatenspeicher
- Systemintegration
- Validierung und Systemtests / Fahrzeugintegration / Vertriebsmarge
- Entwicklung und Bereitstellung von Kartenmaterial und Backend-Services

Gegenüber ADAS hinzugekommen sind die Entwicklung und Herstellung der redundanten Aktorik sowie die Entwicklung und Herstellung des Unfalldatenspeichers.

7.2.5 Bestimmung des Produktions- und Entwicklungsanteils der Wertschöpfungsmodule

Die neuen Wertschöpfungsmodule „Aktorik“ und „Unfalldatenspeicher“ weisen Entwicklungsanteile in Höhe von 20% und Produktionsanteile in Höhe von 80 % auf. Für die restlichen Wertschöpfungsmodule gelten die in Abbildung 50 dargestellten Produktions- und Entwicklungsanteile.

7.2.6 Zuordnung der Akteursgruppen zu den Wertschöpfungsmodulen

Die Standortanteile der Wertschöpfung hängen vor allem von den Anteilen der verschiedenen Akteursgruppen (OEM oder Zulieferunternehmen)¹⁷⁵ an der Wertschöpfung des jeweiligen Wertschöpfungsmoduls sowie der Entwicklungsintensität¹⁷⁶ dieses Wertschöpfungsprozesses ab. Gegenüber ADAS ist insbesondere eine veränderte Zuordnung von Akteuren zu Wertschöpfungsmodulen zu beobachten. Insbesondere die Frage, ob die OEMs die Systemintegration und Softwareentwicklung für HAF inhouse vornehmen, sich hierbei auf Zulieferer verlassen oder mit Technologie- und IT-Konzernen kooperieren wollen hat eine große Bedeutung für die Wertschöpfungsanteile des Standorts Deutschland im Bereich HAF. Derzeit bauen sowohl OEM als auch Tier1-Zulieferer massiv Kapazitäten auf (Experteninterview Branchenexperte 4.). Bei Automobilherstellern können drei Herangehensweisen typologisiert werden (Bernhart 2014, Experteninterview Branchenexperte 5).

- 1) Premium-OEM: Die deutschen Premiumhersteller sind bestrebt, die Systemintegration für HAF und die Wertschöpfung im Bereich Datenverarbeitung und Backend selbst zu übernehmen, da sie diese Bereiche als künftige Kernkompetenz verstehen und sich nicht von anderen Akteuren abhängig machen wollen. Sie kaufen lediglich die Hardware (Steuergeräte und Sensorik) sowie einzelne Softwaremodule hinzu (Experteninterview Zulieferer 2, Experteninterview Branchenexperte 4).
- 2) Premium-Adopter („Follower“): Diese sind zwar Premiumhersteller, aber können und/oder wollen die Investitionen für HAF nicht finanzieren. Diese Herstellergruppe könnte die Zielgruppe der Tier1-Zulieferer im Bereich HAF sein (Experteninterview Branchenexperte 5).
- 3) Volumenhersteller: Hersteller, die Massenmarktsegmente bedienen, entwickeln derzeit keine Systemkompetenz im Bereich HAF (Experteninterview Branchenexperte 4). Es ist fraglich ob diese Hersteller hochautomatisiertes

¹⁷⁴ Komponenten der Innenraumsensorik werden dem HMI zugeordnet

¹⁷⁵ Der Wertschöpfungs- und Beschäftigungsanteil des Standorts Deutschland ist bei deutschen OEMs höher als bei deutschen Zulieferunternehmen. Während nur 48,8% der F&E-Beschäftigten der betrachteten Zulieferunternehmen in Deutschland tätig sind, beträgt der Anteil bei den OEMs 92%.

¹⁷⁶ Die verschiedenen Wertschöpfungsmodule unterscheiden sich sehr stark in ihrem Entwicklungsanteil. Während die Systemintegration eine Produktionstätigkeit ist, ist z.B. die Softwareentwicklung eine Entwicklungstätigkeit. Die meisten Module sind Mischformen.

Fahren innerhalb der nächsten 5 Jahre anbieten werden. Sollten sie dies jedoch tun, ist zu erwarten, dass auch diese Hersteller komplette Systeme von Tier1-Zulieferern beziehen werden (Experteninterview Branchenexperte 4, Experteninterview Branchenexperte 5).

Einige Tier1-Zulieferer positionieren sich bereits als Systemintegrator für HAF, bei anderen ist aufgrund der erheblichen Investitionssummen noch nicht abschließend festgelegt, ob sie Komponentenbauer oder Systemzulieferer für HAF sein werden (Experteninterview Branchenexperte 5, Experteninterview Zulieferer 2). Den Systemanspruch werden sie jedoch bis auf weiteres nur bei „Followern“ und ggf. Volumenherstellern erfüllen können. Dies grenzt ihr Wertschöpfungspotenzial für HAF zunächst erheblich ein. Aus Sicht der Tier1-Zulieferer werden Kunden nun zu Wettbewerbern (Experteninterview Zulieferer 2). Zudem könnten Lieferanten von Tier1-Zulieferern zu deren Wettbewerbern werden und den OEMs Softwaremodule oder (validierte) Algorithmen anbieten (Experteninterview Zulieferer 2). Eine industriepolitische Gefahr entsteht, wenn die Software-Lösungen für komplexe Entscheidungsprozesse des automatisierten Fahrens durch große Technologieunternehmen als neue Systemzulieferer im Bereich HAF bereitgestellt werden und diese innerhalb weniger Jahre eine marktbeherrschende Stellung erreichen (Bernhart 2014).

7.2.7 Bestimmung der Wertanteile der Wertschöpfungsmodule am Gesamtsystem

Im Jahr 2020 verteilt sich der Wert eines HAF-Systems anteilig auf die in Abbildung 61 dargestellten Module.

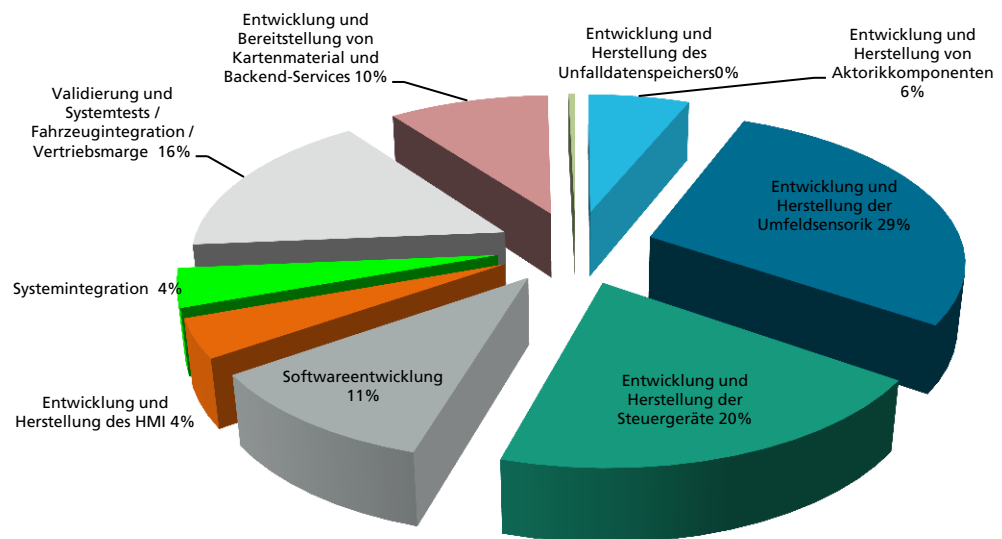


Abbildung 61: Anteile der Wertschöpfungsmodule im Bereich HAF 2020¹⁷⁷

Nachfolgend werden die relevantesten Wertanteile kurz erläutert:

Bei HAF steigen die Kosten für das **HMI** funktionsbedingt an, da unplanmäßige und spontane Fahrübernahmesituationen ermöglicht werden müssen (Experteninterview

¹⁷⁷ Eigene Berechnungen auf Basis von Experteninterviews sowie einzelnen Literaturquellen.

Zulieferer 7). Im Vergleich zu ADAS kommen außerdem Aufwände für **redundante Aktorik** im Bereich der Lenk- und Bremssysteme sowie ein **Unfalldatenspeicher** hinzu. Die Kostenzurechnung der Aktorik-Komponenten ist mit der Schwierigkeit verbunden, dass redundante Systeme, die zur funktionalen Absicherung von HAF dienen, auch weitere (Komfort-)Funktionen ermöglichen, so dass eine eindeutige Zurechnung erschwert ist. Daher wurden sie anteilig berücksichtigt. Die Kosten für die Aktorik liegen anteilig bei 200 – 300 Euro.¹⁷⁸

Der **Software-Wertschöpfungsanteil** wird bezogen auf das Gesamtfahrzeug von heute 5% innerhalb von 20 Jahren auf möglicherweise mehr als 50% ansteigen (Experteninterview IT-Branche 1). Der Schritt zum hochautomatisierten Fahren und die steigende Marktdurchdringung von ADAS sind Teil dieses Prozesses. Der Anteil der Softwareentwicklung am Gesamtwert eines HAF-Systems in Höhe von 11% erscheint vor diesem Hintergrund zunächst niedrig. Zum Softwareanteil am HAF-System insgesamt sind jedoch nicht nur klassische Softwareentwicklungsanteile hinzuzuzählen (beispielsweise die Funktionsentwicklung und die Entwicklung von Algorithmen für die Trajektorienplanung) sondern auch die Validierung der softwarebasierten Funktionen sowie weitgehend der Bereich Kartenmaterial und Backendservices. Insofern beschränkt sich der Softwareanteil nicht nur auf die genannten 11% für Softwareentwicklung, sondern umfasst ca. 30% des Werts eines HAF-Systems. Bezogen auf die Wertschöpfung beträgt der Anteil von Software – aufgrund der höheren Leistungstiefe der IT-Wertschöpfung – sogar knapp 50%.¹⁷⁹ Zudem muss berücksichtigt werden, dass die Darstellung der Wertanteile auf einer Vollkostenbetrachtung basiert. HAF induziert zwar derzeit sehr hohe Anfangsinvestitionen im Bereich der Softwareentwicklung, allerdings profitieren Softwareelemente, wie die Umfeldmodellierung sehr stark von Skaleneffekten (Experteninterview Branchenexperte 4, Experteninterview Branchenexperte 5). Die benannten 11% bilden daher Entwicklungskostenzuschläge zu den variablen Kosten von HAF-Systemen im Betrachtungszeitraum ab.

Die Erstellung von **Kartenmaterial** ist ebenfalls größtenteils ein Fixkostenblock mit erheblichen Skaleneffekten. Durch zunehmende und ggf. herstellerübergreifende Nutzung von Floating Car Data kann dieser Kostenblock reduziert werden. Gleichzeitig steigt damit allerdings die Komplexität im **Backend** an (Experteninterview Branchenexperte 4). Die Bedeutung von Kartenmaterial und Backenddaten ist bei HAF deutlich größer als bei ADAS, was in einem stark steigenden Wertschöpfungsanteil zum Ausdruck kommt.

Die größte Herausforderung beim hochautomatisierten Fahren ist das Sicherstellen der funktionalen Sicherheit. Dies umfasst die **Validierung**, das **Testen** und die Änderung der Algorithmen bzw. Parameter (Experteninterview Zulieferer 2). Die Absicherung eines hochautomatisierten Fahrzeugs erfordert neue Methoden und geht mit hohen Kosten einher („Faktor 1.000 verglichen mit einem ESP-System“) (Experteninterview Branchenexperte 4). Die Software kann nicht nur auf Softwareebene getestet werden, sondern muss auch im Fahrzeug – unter verschiedenen Witterungs- Verkehrs- und Infrastrukturbedingungen in verschiedenen Ländern erprobt werden (Experteninterview Zulieferer 1). Zwar ist eine Grundvalidierung in Deutschland möglich, aber die Endvalidierung muss im Absatzmarkt stattfinden (Experteninterview Zulieferer 2). Auch dieser Bereich nimmt erheblich an Wertschöpfungsanteil zu. Da die Endvalidierung den

¹⁷⁸ BCG 2014, Experteninterview Zulieferer 3, Einzelnachweise in der Literatur.

¹⁷⁹ Hier nicht einbezogen sind die stetig steigenden Softwareanteile in anderen Wertschöpfungsmodulen (Aktorik, Sensorik und Steuerung).

letzten Wertschöpfungsschritt darstellt, der mit dem Margenaufschlag zusammenfällt, sind beide Punkte in diesem Wertschöpfungsmodul zusammengefasst. Während der Aufwand für Validierung und Testing stark zunimmt, wird im Betrachtungszeitraum bis 2020 aufgrund der hohen Entwicklungsinvestitionen von HAF nur von sehr geringen **Margen** nahe 0 ausgegangen.

Im Bereich der Hardware werden signifikante – für die Elektronikindustrie typische - Kostensenkungen erwartet, sowohl bei **Prozessoren**, als auch bei der **Sensorik** (Experteninterview Branchenexperte 4). Während die Steuergeräte heute dezentralisiert und sensorspezifisch sind, geht die Tendenz eher in Richtung einer Integration und zentralen Aufbereitung in ein oder zwei zentralen Steuergeräten (Experteninterview Zulieferer 2). Die Steuergerät- und Processingkosten werden vermutlich gleich hoch bleiben. Zwar sinken die Kosten weiter, gleichzeitig steigen jedoch die Anforderungen erheblich (Experteninterview Zulieferer 1).

7.2.8 Marktanteile Hersteller/Zulieferer

Ähnlich wie aktuell bei ADAS und teilautomatisiertem Fahren wird bei hochautomatisierten Fahrzeugen erwartet, dass die Technologie von der Oberklasse ausgehend in die Mittelklasse und das Volumensegment diffundiert. Da deutsche Hersteller im Oberklassensegment heute einen Marktanteil von ca. 70% aufweisen (vgl. Kapitel 3.31) und deutsche Hersteller unter den ersten Herstellern sind, die hochautomatisierte Fahrfunktionen anbieten werden (vgl. Kap.4.9) wird für das Jahr 2020 ein HAF-Weltmarktanteil von über 70% erwartet. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Marktforschungseinrichtung Frost & Sullivan (2015). Deutschland wird damit zunächst Leitanbieter im Bereich HAF.

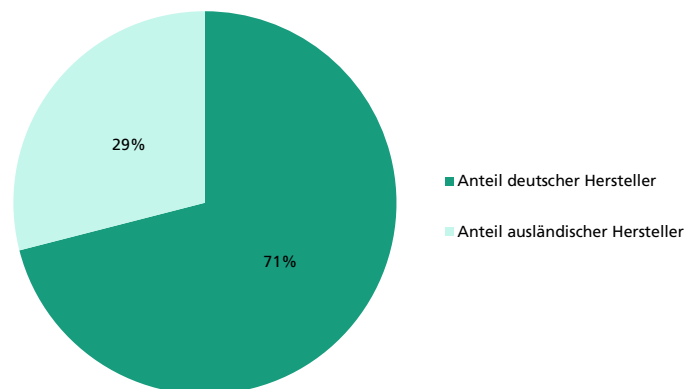


Abbildung 62: Anteil deutscher Hersteller am Weltmarkt für HAF im Jahr 2020¹⁸⁰

Marktanteile deutscher Hersteller am Absatz von (Premium-)Pkw

Die Produktion deutscher Automobilhersteller an Auslandsstandorten wurde in den letzten Jahren erheblich ausgeweitet, so dass zunehmend Wertschöpfung deutscher Hersteller außerhalb Deutschlands stattfindet. Gründe für die Internationalisierung der Produktion sind neben der Erschließung von Wachstumsmärkten geringere Fertigungskosten und die Absicherung gegen Wechselkursrisiken (BayernLB Research 2014). Die deutschen Automobilhersteller fertigen inzwischen ca. 62% ihrer Fahrzeuge im Ausland. Zu den wesentlichen Produktionsländern zählen Brasilien, Spanien, USA,

¹⁸⁰ Eigene Darstellung auf Basis von Frost & Sullivan 2015

Mexiko und Tschechien. Während die Inlandsproduktion und der Export von Pkw in den letzten zehn Jahren weitestgehend stabil blieben, hat sich die Auslandsproduktion alleine in den letzten fünf Jahren nahezu verdoppelt (BayernLB Research 2014). Daher ist es notwendig, bei den globalen Pkw-Absätzen zwischen Inlandsproduktion, Exporten und Auslandsproduktion zu unterscheiden. Bei den „Premiumherstellern“ Audi, BMW, Mercedes und Porsche werden hingegen mit 52,4% im Jahr 2014 noch knapp über die Hälfte der Fahrzeuge in Deutschland produziert.¹⁸¹

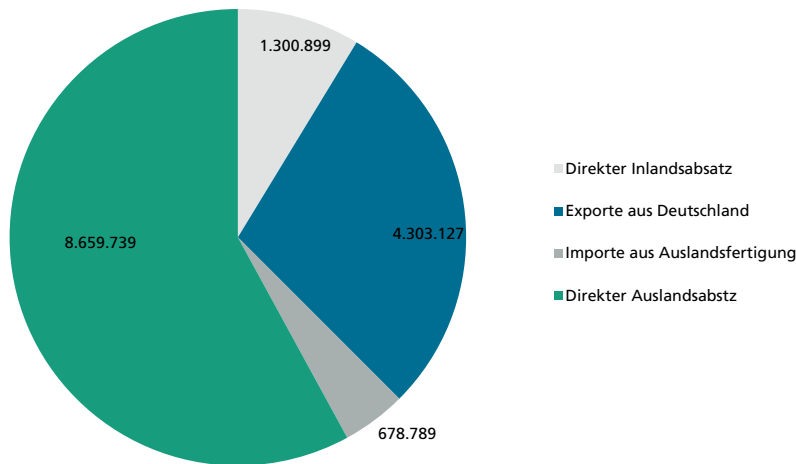


Abbildung 63: Pkw-Absatz deutscher Hersteller 2014¹⁸²

Die Marktanteile der deutschen Hersteller¹⁸³ unterscheiden sich in den globalen Absatzregionen erheblich. Zudem ist die Unterscheidung zwischen einem Fahrzeug eines deutschen Automobilherstellers, das in Deutschland produziert wurde und einem Fahrzeug eines deutschen Automobilherstellers, das an einem internationalen Produktionsstandort gefertigt wurde, für die Wertschöpfung von entscheidender Bedeutung. Abbildung 64 zeigt die Stückzahlen deutscher Hersteller in den wesentlichen Absatzregionen sowie den Anteil deutscher Hersteller und den Anteil von Fahrzeugen deutscher Hersteller aus deutscher Produktion.

¹⁸¹ Eigene Berechnungen auf Basis von OICA 2015 und den Geschäftsberichten der deutschen Automobilhersteller.

¹⁸² Eigene Berechnungen auf Basis des VDA sowie Geschäftsberichten und Unternehmensangaben der Automobilhersteller.

¹⁸³ Ford Deutschland wird hier als deutscher Hersteller geführt.

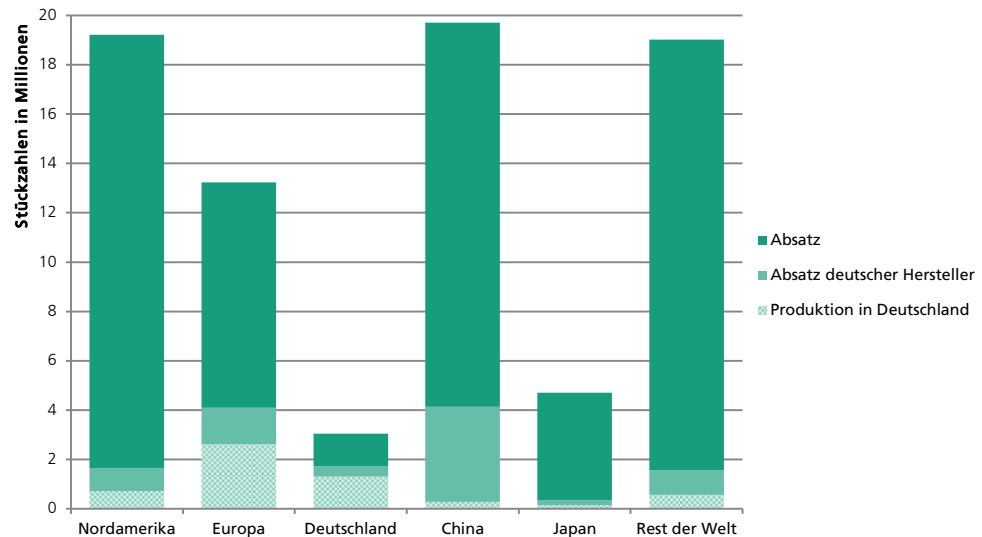


Abbildung 64: Absatz deutscher Hersteller und deutscher Inlandsproduktion im Jahr 2014 nach Regionen¹⁸⁴

Deutsche Hersteller dominieren den Markt für Premiumfahrzeuge und produzierten im Jahr 2014 knapp 2/3 der weltweit verkauften Premiumfahrzeuge.¹⁸⁵ Legt man den inländischen Produktionsanteil der Premiumhersteller zugrunde, werden ca. 34% der weltweiten Premiumfahrzeuge am Standort Deutschland produziert.

Auch der Markt für Oberklasse-Fahrzeuge wird von deutschen Herstellern dominiert. Der Marktanteil beträgt 69,31%. Die Endmontage dieser Fahrzeuge findet bislang in Deutschland statt.¹⁸⁶

Die Analyse zeigt, dass die prognostizierten Marktanteile für HAF in der Einführungsphase weitgehend dem Marktanteil für Premium-/ und Oberklassefahrzeuge entsprechen.

7.2.9 Standortanteile der deutschen Akteure je Wertschöpfungsmodul

Die geschaffenen F&E-Kapazitäten deutscher Automobilhersteller im Bereich automatisiertes Fahren an Auslandsstandorten fällt derzeit für die Wertschöpfung noch nicht signifikant ins Gewicht. So arbeiten beispielsweise am Electronic Research Institut von Volkswagen im Silicon Valley insgesamt 140 Personen. Im Bereich Mercedes Benz Research & Development North America sind 300-400 Personen beschäftigt, die sich wiederum auf verschiedene F&E-Themen verteilen. Aus Sicht der Automobilindustrie finden die relevanten Entwicklungsprozesse deutscher Hersteller im Bereich HAF derzeit in Deutschland statt (Experteninterview OEM 1). Langfristig besteht in der Verlagerung von F&E-Tätigkeiten jedoch eine der größten Gefahren für die Wertschöpfung am Standort Deutschland im Bereich automatisiertes Fahren. Für die Wertschöpfungsberechnung wird jedoch weiterhin von den in Kap. 3.36 dargestellten

¹⁸⁴ Eigene Berechnungen auf Basis von OICA, VDA, Geschäftsberichte und Unternehmensangaben der Automobilhersteller.

¹⁸⁵ Eigene Berechnungen auf Basis der nationalen Zulassungsstatistiken.

¹⁸⁶ Audi A7 und A8 werden in Neckarsulm, produziert, BMW Alpina, B7 Biturbo, BMW 6 BMW 7 in Dingolfing, Mercedes S-Klasse, CL, CLS und Maybach in Sindelfingen, Porsche Panamera in Leipzig und VW Phaeton in Dresden.

Inlandsanteilen von Zulieferunternehmen (32 % bei Produktionstätigkeiten, 49 % bei Entwicklungstätigkeiten) und Automobilherstellern (71 % bei Produktionstätigkeiten und 92 % bei Entwicklungstätigkeiten) ausgegangen.

7.2.10 Leistungstiefe und Importanteile je Wertschöpfungsmodul

Bei den gegenüber ADAS neu hinzugekommenen Wertschöpfungsmodulen „Aktorik“ und „Unfalldatenspeicher“ werden die durchschnittlichen Leistungstiefen der Automobilindustrie angesetzt (vgl. Abbildung 22). Der Wertschöpfungsanteil der Automobilindustrie liegt entsprechend bei 30 %, der Importanteil bei 40 % und die Vorleistungen im Inland bei 30 %. Für die restlichen Wertschöpfungsmodule gelten die in Abbildung 54 dargestellten Leistungstiefen für ADAS.

7.2.11 Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem unter Berücksichtigung des Produktivitätszuwachses

Unter Zugrundelegung des erwarteten Marktanteils deutscher Hersteller von 71 %¹⁸⁷ und deutscher Zulieferer von 52,5 %¹⁸⁸ am Markt für HAF im Jahr 2020¹⁸⁹, eines durchschnittlichen F&E-/produktionspezifischen Anteils des Standorts Deutschlands, differenziert nach Akteur und Wertschöpfungsmodul (zwischen 35% und 92%) sowie wertschöpfungsmodultypischen Leistungstiefen der Wertschöpfungsprozesse¹⁹⁰, beträgt der deutsche Wertschöpfungsanteil für HAF im Jahr 2020 knapp über 142 Mio. Euro.

Hiermit geht unter Berücksichtigung der Produktivitätssteigerung bis 2020 eine Beschäftigung in Höhe von 1.252 Personen einher. Unter Berücksichtigung der sonstigen Beschäftigten aus weiteren NACE-Klassen (837 Personen) steigt die Gesamtbeschäftigung durch HAF auf 2.089 Beschäftigte.

7.2.12 Ausblick zu Wertschöpfung und Beschäftigung bis 2025

Die eher niedrig wirkenden Zahlen hinsichtlich Wertschöpfung und Beschäftigung für das Jahr 2020 sind dem Verlauf des Markthochlaufs geschuldet. Zwischen 2020 und 2025 wird ein erhebliches Marktwachstum erwartet, das im Rahmen des Betrachtungshorizonts nicht abgebildet ist. Daher soll nachfolgend ein Ausblick bis 2025 erfolgen.

Wenn der HAF-Markt bis 2025 so stark wächst, wie in der Meta-Studie (vgl. Abbildung 56) ermittelt, und Deutschland seinen für 2020 prognostizierten Marktanteil halten kann, erhöhen sich die für 2020 genannten Werte im Bereich HAF bis 2025 um den Faktor 31,5 – was ungefähr einer jährlichen Verdopplung des Marktes entspricht. Unter der Annahme, dass sich das Wachstum des ADAS-Markts ab 2020 (15% CAGR statt 25% CAGR wie 2014 – 2020) etwas abschwächt und die genannten Markt- und Standortanteile sowie die Leistungstiefen beibehalten werden können, ergibt sich bis 2025 ein Beschäftigungsbedarf in Höhe von 70.031 bei NACE29-Unternehmen und

¹⁸⁷ Prognose für HAF 2020, vgl. Abbildung 62.

¹⁸⁸ Fortschreibung des ADAS-Marktanteils im Jahr 2014.

¹⁸⁹ Die Prozentaussagen beziehen sich auf die jeweiligen Wertschöpfungsstufen von Zulieferern und Herstellern.

¹⁹⁰ Hierbei wurden wertschöpfungsmodulspezifisch die branchenüblichen Werte der jeweiligen Referenzindustrie (bspw. Automobil- Elektronik oder IT-Industrie) aus den Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamt herangezogen

eine induzierte Beschäftigung in Höhe von 48.765 Beschäftigten in sonstigen Wirtschaftszweigen, sowie eine Wertschöpfung im Bereich ADAS / HAF in Höhe von 8,789 Mrd. Euro. Aufgrund der Vorlaufzeit der Entwicklungstätigkeiten ist damit zu rechnen, dass ein Teil der Leistungserstellung bereits vor 2025 erfolgt und die damit verbundenen Beschäftigungseffekte in Teilen ebenso bereits vorher eintreten.

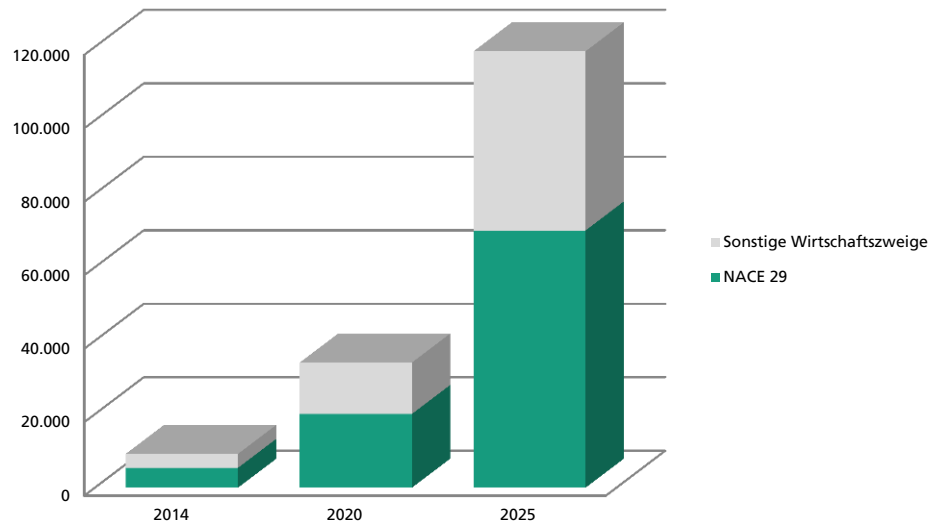


Abbildung 65: Beschäftigungszuwachs durch ADAS und HAF bis 2025

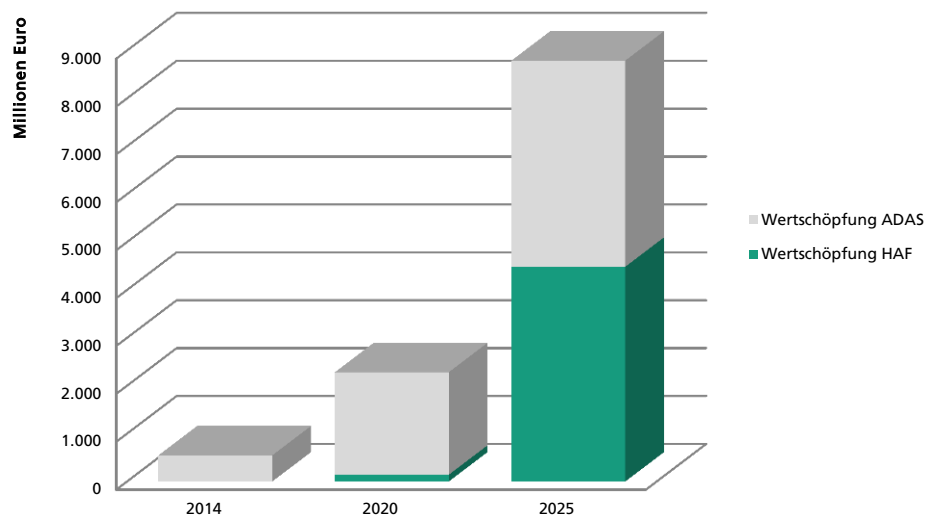


Abbildung 66: Wertschöpfungszuwachs durch ADAS und HAF bis 2025

7.3 Leitmarkt-/Leitanbieter-Index für hochautomatisiertes Fahren

Im vorangegangenen Kapitel wurde die erwartete Markt- und Wertschöpfungsentwicklung bis zum Jahr 2020 berechnet und bis 2025 grob abgeschätzt. Da die Markteinführung des HAF jedoch erst ab dem Jahr 2018 erwartet wird, beschreiben die gezeigten Daten bis 2020 lediglich die erste Marktphase und damit eine Phase marginaler Auswirkungen. Die Schätzungen bis 2025 basieren auf der optimistischen Annahme, dass Deutschland seine Position als Leitmarkt und

Leitanbieter und die damit verbundenen Wertschöpfungsanteile im Bereich ADAS und HAF halten kann. Diese Annahme soll im Folgenden Kapitel auf den Prüfstand gestellt werden.

Die quantitative Markt- und Wertschöpfungsanalyse von hochautomatisierten Fahrzeugen stößt bei der Bewertung künftiger Entwicklungen in zwei Bereichen an Grenzen: Zum einen bei der Ermittlung regionenspezifischer Marktanteile hochautomatisierter Fahrzeuge und zum Anderen hinsichtlich der Frage, an welchem Standort die Entwicklungs- und Produktionsaktivitäten der Hersteller und Zulieferer stattfinden werden. Um dennoch die künftige markt- und anbieterseitige Wettbewerbsstärke des Standorts Deutschland hinsichtlich des hochautomatisierten Fahrens ermitteln zu können, wurde ein Kennzahlensystem entwickelt, welches Faktoren untersucht, die die Bildung eines Leitmarktes oder einer Leitanbeiterschaft spezifisch für HAF begünstigen.

Im folgenden Kapitel wird eine Standortanalyse durchgeführt, welche die wichtigsten Nationen der globalen Automobilindustrie, Deutschland, USA, Japan und China hinsichtlich relevanter Einflussfaktoren vergleicht. Die Definition der betrachteten Einflussfaktoren und deren Überführung in 23 messbare Indikatoren erfolgten vorrangig durch das Projektteam auf Basis der vorangegangenen Recherchen. Eine Validierung und Ergänzung der Indikatoren erfolgte innerhalb der geführten Experteninterviews und wurde am 23. Juni 2015 in einem Expertenworkshop unter der Beteiligung von ca. 40 Fachvertretern aus Industrie, Politik und Wissenschaft verabschiedet.

Die gewählten Einflussfaktoren für die Kategorie „Leitanbieter“ lauten:

- Politischer Rahmen
- Qualität der Forschungslandschaft
- Vorhandene Kompetenzen
- Verfügbarkeit von Kapital

Als **Leitanbieter** wird der nationale Standort mit dem höchsten Weltmarktanteil bezeichnet.

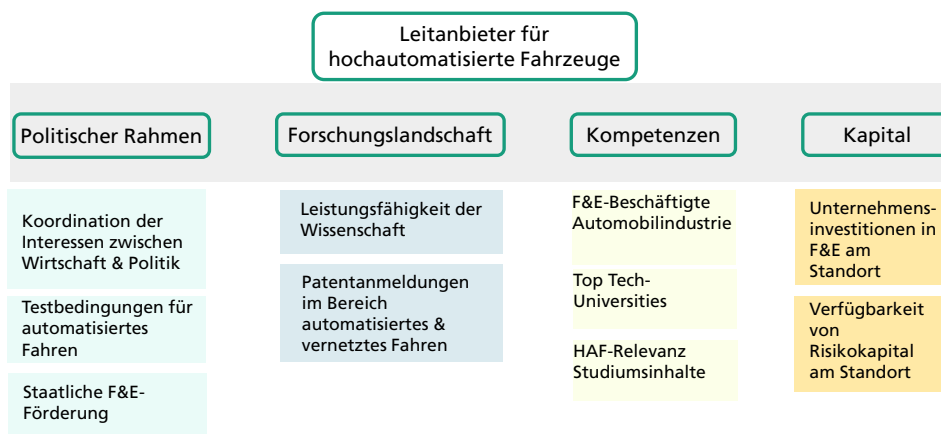


Abbildung 67: Standortindikatoren für die Etablierung einer Leitanbeiterschaft

Die folgenden Faktoren haben hingegen maßgeblichen Einfluss auf die Etablierung eines Leitmarktes für hochautomatisierte Fahrzeuge:

- Politischer Rahmen
- Rechtlicher Rahmen
- Kundenakzeptanz

- Häufigkeit von HAF Use cases
- Auftreten von Systemgrenzen
- Qualität der Infrastruktur

HAF-Leitmarkt ist derjenige Markt, in dem künftig der **Anteil an Neuzulassungen mit HAF-Systemen** am größten ist.

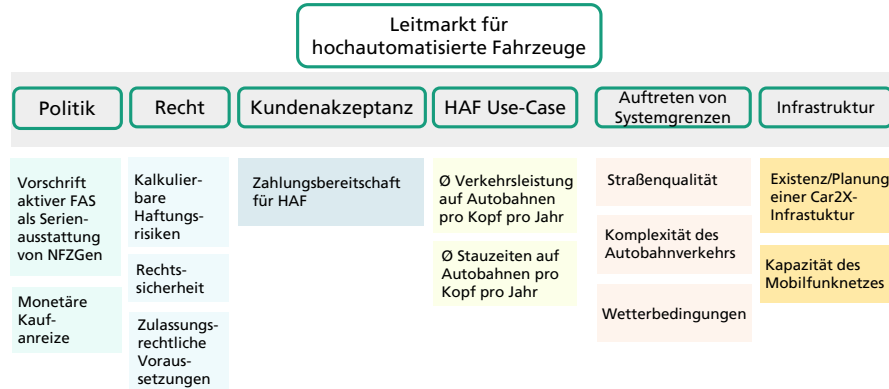


Abbildung 68: Standortindikatoren für die Etablierung eines Leitmarktes

Die Operationalisierung der Einflussfaktoren erfolgte anhand von 23 Indikatoren, die in den Abbildungen 67 und 68 dargestellt sind. Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle betrachteten Indikatoren den gleichen Einfluss auf die Etablierung von Leitmarkt und Leitanbieterschaft ausüben, gehen die einzelnen Kennzahlen mit unterschiedlicher Gewichtung in die anschließende Indexbildung ein. Hierfür wurde eine Fraunhofer-interne Expertenbefragung durchgeführt.

Nach der Ermittlung der relevanten Kennzahlen wurden die betrachteten Standorte anhand der Ausprägung der Kennzahlen bewertet. Hierbei wurde ein dreistufiges Bewertungsverfahren angewendet, wobei der jeweils vorteilhafteste Standort als Maßstab für die jeweiligen Wettbewerber angesetzt wurde.

7.3.1 Indikatoren für die Erfassung des Leitanbieterpotenzials

Abbildung 69 zeigt die vorgenommene Gewichtung der vier Einflussfaktoren zur Bildung einer Leitanbieterschaft:

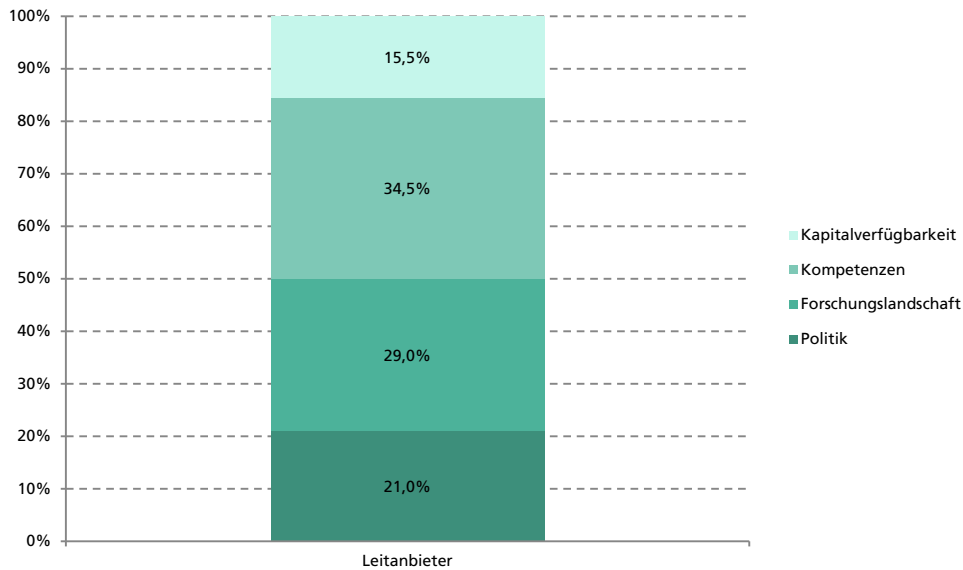


Abbildung 69: Gewichtung der Einflussfaktoren für die Etablierung der Leitanbieterschaft

7.3.1.1 Einflussfaktor Politischer Rahmen

Politische Institutionen haben maßgeblichen Einfluss auf die Rahmenbedingungen für die Entwicklung und den Absatz technologischer Innovationen. So ist es durchaus üblich, dass bestimmte Schlüsselbranchen von nationalen Regierungen direkt oder indirekt subventioniert werden oder zumindest eine besondere politische Aufmerksamkeit genießen. Gerade die Automobilbranche, die in Staaten wie Japan oder Deutschland aufgrund ihrer großen Bedeutung für die Außenhandelsbilanz und die Schaffung von Arbeitsplätzen den wichtigsten Wirtschaftszweig darstellt, hat oftmals eine enge Bindung zu den jeweiligen Regierungen. Zudem erfordert das automatisierte Fahren den Dialog zwischen Automobilbranche und Politik in besonderem Maße, da beispielsweise die Ermöglichung des Testens im öffentlichen Raum oder die Initiative zur Anpassung gesetzlicher Rahmenbedingungen maßgeblich durch die öffentliche Hand initiiert werden. Als relevante Eingangsgrößen für die Bewertung des politischen Rahmens werden daher folgende Indikatoren herangezogen:

- Art und Intensität der Koordination der Interessen zwischen Wirtschaft und Politik
- Art und Umfang der Erprobungsmöglichkeiten im öffentlichen Raum für automatisiertes und vernetztes Fahren
- Ausmaß der staatlichen F&E-Förderung

Art und Intensität der Koordination der Interessen zwischen Wirtschaft und Politik

Die Koordination der Interessen zwischen Wirtschaft und Politik spielt beim Thema des automatisierten Fahrens eine besondere Rolle, da eine erfolgreiche (Weiter-)Entwicklung und der Vertrieb automatisierter Fahrzeuge auf eine Anpassung gesetzlicher Rahmenbedingungen angewiesen sind. Aus diesem Grund wird beispielsweise die Existenz einer Plattform zur Interessensvermittlung bzw. eine zwischen den Stakeholdern abgestimmte Strategie zur Implementierung der Technologie als vorteilhaft bewertet.

Deutschland: In Deutschland besteht mit dem Runden Tisch des BMVI bereits eine Institution zum Austausch politischer und wirtschaftlicher Interessen. Auch allgemein kann die Vernetzung zwischen Automobilindustrie und Politik im Vergleich zu anderen Branchen als eng bezeichnet werden. Der Runde Tisch soll nun in eine zweite Phase überführt werden, in der auch vollautomatisiertes Fahren thematisiert werden soll.

USA: Das vom USDOT veröffentlichte Strategiepapier „ITS Strategic Plan“, welches die Positionen von 285 öffentlichen und privatwirtschaftlichen Organisationen integriert, spiegelt die Zusammenarbeit zwischen Industrie und Politik wider. Auch die gegründete Smart Transportation Coalition ist ein mächtiges Sprachrohr der Industrievertreter in Richtung Politik. Jedoch gibt es auch in den USA (bisher) keine eigens geschaffene Institution, die Industrie- und Politikvertreter innerhalb eines Regelkommunikationsprozesses miteinander vernetzt. Zudem scheint bisher auch unter den einzelnen Bundesstaaten keine einheitliche Position zum Thema automatisiertes Fahren zu existieren.

Japan: Die politischen Aktivitäten im Bereich des automatisierten Fahrens in Japan können unter den vier Vergleichsstaaten als am weitreichendsten bewertet werden. Das SIP, welches das automatisierte Fahren als eines von 10 national bedeutenden Forschungs- und Förderfeldern ausweist, sowie die initiierten Umsetzungsprojekte, profitieren dabei von einer traditionell engen Verzahnung zwischen japanischen Großkonzernen und Regierungsorganisationen.

China: Die Automobilindustrie wird in China als eine von vier „Pfeilerindustrien“ angesehen, was eine besondere Aufmerksamkeit seitens der Regierung zur Folge hat (Shih 2014, S. 157). Die chinesische Regierung, die sich in ihrem Programm zur „New Automotive Industrial Policy“ in erster Linie für die Förderung alternativer und umweltschonender Fahrzeugtechnik ausspricht (Kubach, 2011, S.34), hat bisher jedoch keine Maßnahmen öffentlich angekündigt, die sich explizit auf die Förderung der Automatisierung oder Vernetzung von Fahrzeugen beziehen. Im Vordergrund steht bisher die Reduzierung des Schadstoffausstoßes und der Verbesserung der Luftqualität mittels alternativer Antriebskonzepte (Experteninterview Hersteller 5).

Art und Umfang der Erprobungsmöglichkeiten für automatisiertes und vernetztes Fahren

Die Möglichkeit, automatisiertes und vernetztes Fahren großflächig zu testen, hat einen direkten Einfluss auf den Erfolg der ortsansässigen Automobilhersteller und -zulieferer erfolgreiche Produkte auf den Markt zu bringen. Hierbei spielen nicht nur rechtliche Rahmenbedingungen und Auflagen zum Testen im öffentlichen Verkehr eine Rolle, sondern auch die Einrichtung spezifischer Teststrecken, auf denen technologische Innovation, etwa Vernetzungsfunktionen, aber auch Anwendungsszenarien, jenseits der Autobahn experimentell getestet werden können.

Deutschland: In Deutschland dürfen hochautomatisierte Fahrzeuge unter gewissen Auflagen und mit Sondergenehmigungen, die vom jeweiligen Bundesland ausgestellt werden, im öffentlichen Straßenverkehr getestet werden. Jedoch bestehen bisher keine allgemein gültigen rechtlichen Regelungen für den Testbetrieb im öffentlichen Raum. Die Einrichtung spezifisch ausgerüsteter Teststrecken befindet sich derzeit zwar bereits in Planung, jedoch sind die geplanten Maßnahmen im Vergleich mit anderen Ländern bisher als eher zurückhaltend zu bewerten. Insbesondere Universitäten und Forschungseinrichtungen müssen so sehr hohe Aufwände aufbringen, um im öffentlichen Raum testen zu können.

USA: Die Testbedingungen in den USA variieren je nach Bundesstaat und reichen von einem Verbot in manchen Staaten bis hin zu eigens geschaffenen Anforderungskatalogen und Regelungen wie eigene Nummernschilder für

automatisierte Fahrzeuge. Obwohl eine nationale Regelung auch für die USA noch aussteht, weisen die umfangreichen Testaktivitäten der internationalen Automobilbranche und die Einrichtung spezieller Testfelder in Michigan und Virginia darauf hin, dass sich die USA als führendes Testfeld für automatisierte Fahrzeuge etablieren könnten.

Japan: Obwohl Automobilhersteller in Japan erst seit 2013 im öffentlichen Raum automatisierte Testfahrten durchführen dürfen, hat sich die japanische Regierung seither mehrfach dazu bekannt, den USA in Bezug auf die Durchführung von Feldtests in nichts nachstehen zu wollen. So sollen im Rahmen des SIP verschiedene Testfelder im öffentlichen Raum, sowohl auf Autobahnen, als auch im urbanen Raum, geschaffen werden. Zu den Olympischen Spielen 2020 in Tokio sollen auch erste Testläufe automatisierter Fahrzeuge mit Endnutzern durchgeführt werden. Die bereits existierende Kommunikationsinfrastruktur auf japanischen Autobahnen ist ein zusätzlicher Faktor, der das Testen auf japanischen Straßen für Automobilhersteller attraktiv macht.

China: Auch in China führen deutsche OEM bereits Testfahrten mit hochautomatisierten Fahrzeugen im öffentlichen Straßenverkehr durch. Jedoch variieren auch hier die behördlichen Anforderungen beträchtlich. Während beispielsweise in Peking umfassende Auflagen wie die Weitergabe von Daten oder die Verknüpfung mit dem Thema Elektromobilität und Luftreinhaltung erfüllt werden müssen, sind die Behörden in Shanghai wesentlich kooperativer und werben gezielt Unternehmen an, um dort Innovationen zu entwickeln und zu testen. Testfahrten sind also im öffentlichen Raum in China möglich, die Anforderung jedoch sehr unterschiedlich und intransparent (Experteninterview Hersteller 5).

Staatliche F&E-Förderung

Zur Bewertung der Förderaktivitäten der verschiedenen Länder werden die staatlichen Ausgaben zur Förderung von Forschung und Entwicklung in ihrer Gesamtheit betrachtet. Hierfür werden die Förderaufwendungen eines Staates für F&E-Tätigkeiten in Relation zum Bruttoinlandsprodukt herangezogen, da die Datenlage eine Betrachtung nach Sektoren nicht ermöglicht.

Tabelle 2: Staatliche F&E-Förderung

	GERD ¹⁹¹ (Mio. \$)	GERD/GDP (%) ¹⁹²
Deutschland	93.055,5	2,88
USA	429.143	2,85
Japan	146.537,3	3,39
China	208.171,8	1,84

Abbildung 70 fasst die gewonnenen Ergebnisse bezogen auf den Einflussfaktor Politischer Rahmen zusammen:

¹⁹¹ Gross domestic expenditure on research and development

¹⁹² National Science Foundation 2014

Zusammenfassende Bewertung des Einflussfaktors Politischer Rahmen

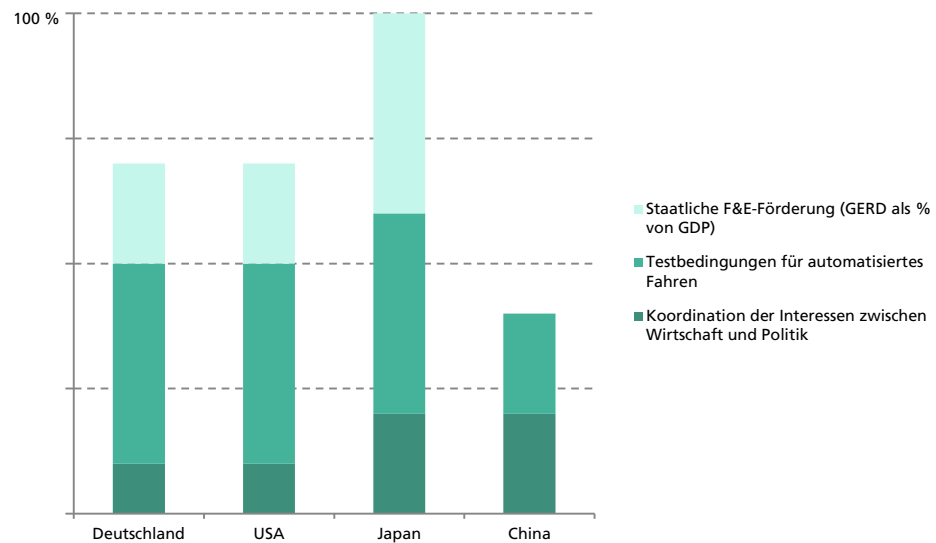


Abbildung 70: Zusammenfassung Politischer Rahmen Leitانبietet

7.3.1.2 Einflussfaktor Forschung und Entwicklung

Der Einflussfaktor Forschung und Entwicklung beschreibt den bisherigen und prognostizierten Erfolg in der Forschung und Entwicklung am jeweiligen Standort. Die F&E-Tätigkeiten von Unternehmen, sowie die Wissensbasis von Universitäten und Forschungseinrichtungen sind hierbei wichtige Indizien für die Innovations- und Leistungsfähigkeit am betreffenden Standort. So kann davon ausgegangen werden, dass eine international erfolgreiche Forschungslandschaft im Bereich neuer Fahrzeug- und IT-Technologien ein bedeutender Standortvorteil für die ansässigen Unternehmen der Automobilbranche darstellt. Die Operationalisierung der F&E-Tätigkeiten erfolgt anhand der Indikatoren:

- Leistungsfähigkeit der Wissenschaft anhand internationaler Publikationen
- Patentanmeldungen in den Bereichen automatisiertes und vernetztes Fahren

Wissenschaftliche Publikationen

Bei der Entwicklung wissensintensiver Technologien wie dem HAF hat die wissenschaftliche Forschung einen gesteigerten Einfluss auf die Innovationskraft der ortsansässigen Unternehmen. Aus diesem Grund wird bei der Standortanalyse auch die Wettbewerbsfähigkeit der Universitäten und Forschungseinrichtungen betrachtet. Als Indikator werden wissenschaftliche Publikationen herangezogen, wobei sowohl die reine Quantität, als auch die Zitierhäufigkeit der Artikel in die Bewertung mit eingehen. Nachfolgende Abbildung zeigt das Ergebnis der Recherche mit der Online-Datenbank „Web of Science“. Hierbei wurden wissenschaftliche Veröffentlichungen aus den Jahren 2000-2015 in die Bewertung einbezogen, die unter den Schlagwörtern »Automated Driving«, »Autonomous Driving« und »Car2X« in der Datenbank geführt werden.

Insgesamt stammt die Hälfte aller weltweit veröffentlichten Fachbeiträge zum automatisierten und vernetzten Fahren aus den vier gewählten Ländern. Der Ländervergleich zeigt, dass die USA und Deutschland deutlich mehr Publikationen in der betrachteten Thematik vorzuweisen haben als die anderen Länder. Des Weiteren

wurden diese Publikationen auch wesentlich häufiger von anderen Wissenschaftlern zitiert, was ebenso die Bedeutung der beiden Forschungsstandorte verdeutlicht.

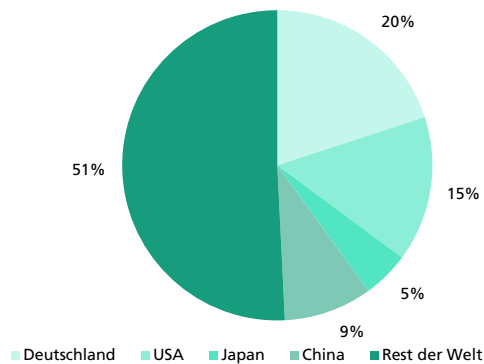


Abbildung 71: Wissenschaftliche Veröffentlichungen im Bereich Fahrzeug-Automatisierung und Vernetzung im Ländervergleich

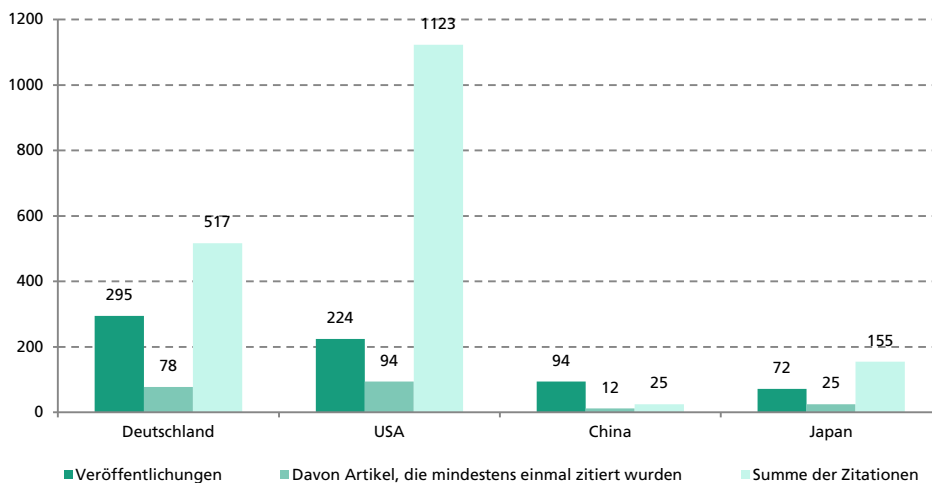


Abbildung 72: Wissenschaftliche Veröffentlichungen zum Bereich Fahrzeug-Automatisierung und Vernetzung nach Zitationsanzahl

Patentanmeldungen im Bereich automatisiertes und vernetztes Fahren

Um die Forschungsstärke der verschiedenen Länder zu bewerten, wurden die Patente in der Automobilindustrie insgesamt sowie auch explizit im Bereich des automatisierten Fahrens verglichen. Die Betrachtung bezieht sich auf Patentfamilien.¹⁹³ Die geografische Zuordnung der Patente bezieht sich auf das Land, in dem der Patentanspruch zum ersten Mal erhoben wurde.

Grundsätzlich fällt auf, dass in Deutschland sehr viele Patente im Bereich des automatisierten Fahrens angemeldet werden. Auffällig ist zudem, dass Japan, in dem für den Automobilssektor allgemein am meisten Patente angemeldet werden, im Bereich des automatisierten Fahrens deutlich hinter Deutschland, USA, und China zurückfällt.

¹⁹³ Patentfamilien fassen alle Einzelpatente zusammen, die über mindestens eine Priorität miteinander verbunden sind. Priorität ist der erste Anspruch, der für die Technologie erhoben wurde. Das heißt, es können innerhalb einer Patentfamilie inhaltlich unterschiedliche Patente zusammengefasst sein, aber sie müssen dann miteinander insofern „verwand“ sein, als dass sie aufeinander aufbauen.

Hinsichtlich der auffälligen Entwicklung in China muss angeführt werden, dass die chinesischen Akteure sehr stark vom politischen Ziel, viele Patente anzumelden, getrieben sind. So ist anzunehmen, dass das Verhältnis von Patentanmeldungen und tatsächlichen Innovationen in China deutlich schlechter ist, als in den anderen Referenzstaaten.

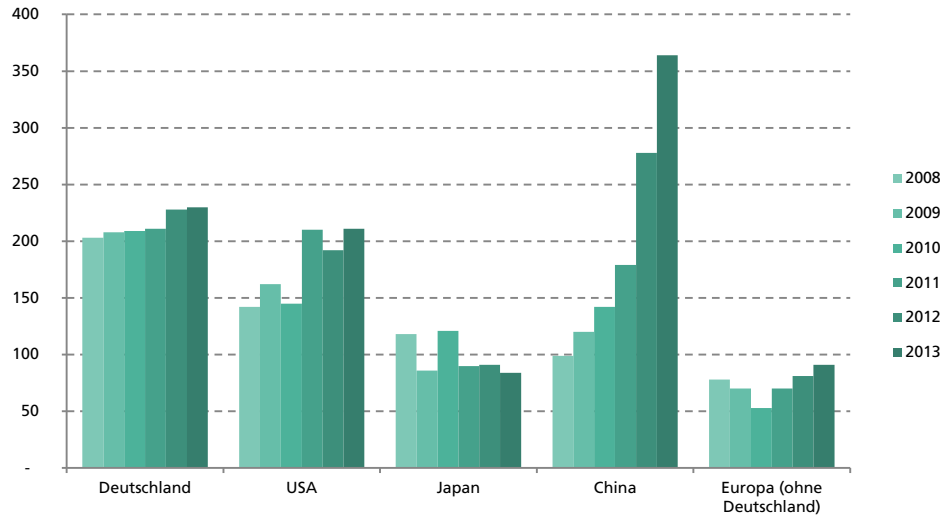


Abbildung 73: Patenuntersuchung zum hochautomatisierten Fahrzeug

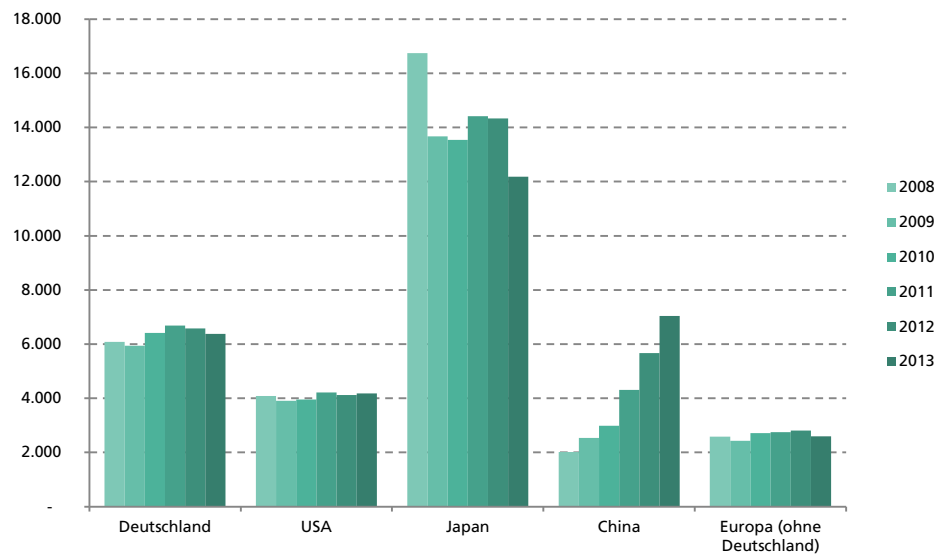


Abbildung 74: Patentuntersuchung Automobilindustrie

Zusammenfassende Bewertung des Einflussfaktors Forschung und Entwicklung:

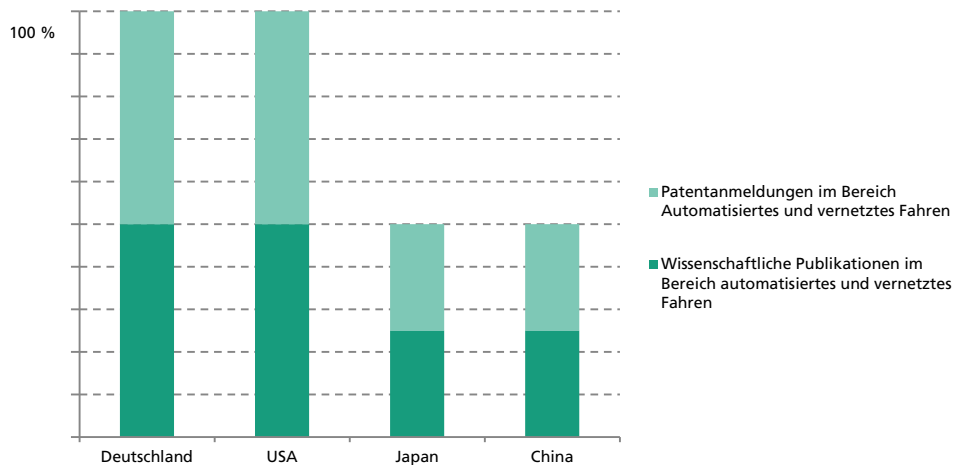


Abbildung 75: Zusammenfassung Forschung & Entwicklung

7.3.1.3 Einflussfaktor Kompetenzen

Für eine erfolgreiche Entwicklung und Produktion wissensintensiver Produkte wie ADAS und hochautomatisierter Assistenzsysteme, ist die Verfügbarkeit hoch qualifizierter Fachkräfte in den relevanten Disziplinen äußerst bedeutsam. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Verfügbarkeit von Fachkräften die Standortentscheidungen der Unternehmen in Zukunft immer stärker beeinflusst. Da im Zuge der fortschreitenden Automatisierung die Bedeutung von IT-Kenntnissen im Automobilbau zunimmt, werden als Indikatoren zur Beurteilung der derzeitig und zukünftig vorhandenen Kompetenzen folgende Kennzahlen herangezogen:

- F&E-Intensität der Automobilindustrie
- Top-Tech-Universitäten
- Relevanz der Studieninhalte für HAF

Die Analyse zeigt, dass Deutschland derzeit in einer sehr guten Position ist, jedoch hinter den USA zurückfällt. Als Indiz dieses Einflusses kann die Zunahme von F&E-Tätigkeiten im Bereich der Fahrzeugautomatisierung der deutschen Hersteller in den USA gewertet werden.

Tabelle 3: Überblick zu ausgewählten Kompetenzkennzahlen

	F&E-Intensität der Automobilindustrie (Index) ¹⁹⁴	Top-Tech- Universitäten (Index) ¹⁹⁵	Relevanz Studieninhalte für HAF (Index) ¹⁹⁶
Deutschland	1,32	0,83	1,58
USA	0,96	2,43	1,07
Japan	1,42	0,70	0,75
China	0,29	0,03	0,60

Abschließende Bewertung des Einflussfaktors Kompetenzen:

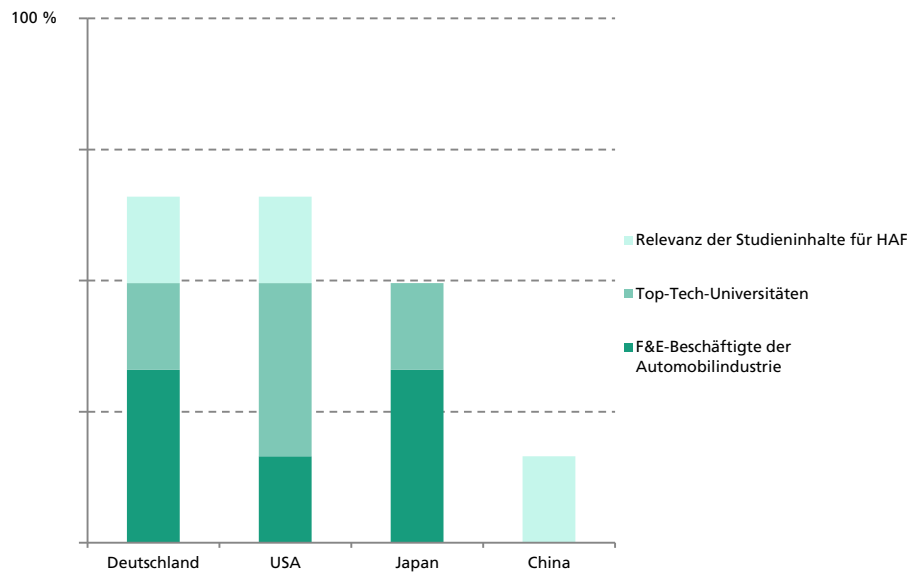


Abbildung 76: Zusammenfassung Kompetenzen

7.3.1.4 Einflussfaktor Verfügbarkeit von Kapital

Die Entwicklung innovativer und forschungsintensiver Technologien erfordert neben ausreichend qualifiziertem Personal und einer leistungsfähigen Forschungslandschaft grundsätzlich auch die Verfügbarkeit von Kapital. Einerseits erzeugen größere, einmal getätigte F&E-Investitionen wie der Aufbau von Entwicklungszentren, Prüfständen oder sonstigen forschungsrelevanten Gütern Pfadabhängigkeiten für einen gewissen Standort. Andererseits wird der Mobilitätsmarkt durch die zunehmende Bedeutung der IT auch für bisher branchenfremde Player interessant, weshalb auch die Verfügbarkeit von Risikokapital eine immer stärkere Rolle für den Automobilbau einnimmt, um Start-

¹⁹⁴ F&E-Investitionen am Standort im Verhältnis zu Beschäftigtenzahl der Automobilindustrie am Standort

¹⁹⁵ Es wurde das 'Times Higher Education World University Rankings' Engineering and Technology zugrunde gelegt. Dabei wurden die Platzierungen unter den ersten Hundert relativ zu Bevölkerungszahl ermittelt,

¹⁹⁶ Es wurde eine Recherche der Forschungsschwerpunkte sowie der Institute- und Professuren der Top-Universitäten der jeweiligen Länder vorgenommen.

Ups und Firmen mit vielversprechenden innovativen Ansätzen und Produkten entsprechend fördern zu können.

Somit wurden folgende Indikatoren zur Operationalisierung des Einflussfaktors Kapital gewählt:

- Unternehmensinvestitionen in F&E am Standort
- Verfügbarkeit von Risikokapital am Standort

Unternehmensinvestitionen in F&E am Standort und Clusterbildung

Die Investition der Automobilindustrie in Forschung und Entwicklung am jeweiligen Standort werden als Indikator für die Etablierung einer Leitanbieterschaft herangezogen, da davon ausgegangen wird, dass Investitionen in Forschungszentren und –projekte mit langfristiger Perspektive getätigt werden und ein Indiz dafür sind, dass sich Hersteller dauerhaft am jeweiligen Standort ansiedeln und dort Innovationen erforschen und entwickeln. Bei der Betrachtung der Daten zeigt sich, dass Automobilhersteller nach wie vor am stärksten in Deutschland, USA und Japan in Forschung und Entwicklung investieren. Analysiert man hingegen die Entwicklung der letzten Jahre, nehmen die F&E-Investitionen in China rasant zu, sodass das Land voraussichtlich in den nächsten Jahren zu den drei Konkurrenten aufschließen kann. Zusätzlich zu den F&E-Ausgaben der Wirtschaft wurden diejenigen Branchen verglichen, die in den jeweiligen Ländern anteilig am meisten Investitionen in die Forschung und Entwicklung tätigen und somit eine nationale Spezialisierung in bestimmten Technologiefeldern implizieren. Hierbei zeigt sich, dass in Deutschland, Japan und den USA sowohl die Automobilbranche als auch die für die Fahrzeugautomatisierung ebenfalls wichtige Branche der Informations- und Kommunikationstechnologie zu den drei wichtigsten Wirtschaftszweigen in Hinblick auf F&E-Investitionen gehören. Demnach kann jeweils von einer nationalen Spezialisierung in diesen Branchen gesprochen werden, was positive Spill-over-Effekte, wie eine lokale Clusterbildung oder eine leistungsfähigen und spezialisierte Hochschullandschaft nach sich ziehen kann.

Tabelle 4: Investitionen in F&E

	Investitionen der Automobilindustrie in F&E	Produzierte Stückzahlen ¹⁹⁷	F&E-Ausgaben pro Fahrzeug
Deutschland ¹⁹⁸	18,3 Mrd. € [2013]	5,9 Mio. [2014]	3102 €
USA ¹⁹⁹	16,5 Mrd. € [2013]	11,6 Mio. [2014]	1422 €
Japan ²⁰⁰	18,6 Mrd. € [2013]	9,77 Mio. [2014]	1904 €
China ²⁰¹	8,3 Mrd. € [2013]	23,7 Mio. [2014]	350 €

¹⁹⁷ OICA 2014

¹⁹⁸ VDA 2014b, S. 17

¹⁹⁹ American Automotive Policy Council 2014

²⁰⁰ Japan Automobile Manufacturers Association 2015

²⁰¹ China Statistics Press 2014

Tabelle 5: Top 3 Industrien bei F&E-Investitionen

	1.	2.	3.
DEU	Fahrzeugbau (36,92%)	Chemikalien und Mineralien (17,19%)	IKT-Ausrüstung (12,77%)
USA	Chemikalien und Mineralien (20,36%)	IKT-Ausrüstung (19,98%)	Fahrzeugbau (17,12%)
JPN	IKT-Ausrüstung (25,60%)	Fahrzeugbau (22,70%)	Chemikalien und Mineralien (19,93%)
CHN	Elektrische Ausrüstungen und Maschinen (21,22%)	Chemikalien und Mineralien (16,38%)	IKT-Ausrüstung (16,14%)

Verfügbarkeit von Risikokapital am Standort

Die mit der Automatisierung zunehmende Bedeutung von Informationstechnologie im Wertschöpfungsprozess von Kraftfahrzeugen hat zur Folge, dass auch die typischen sektoralen Strukturen der beiden Branchen konvergieren. Ist die Automobilindustrie bis heute eine anlagenintensive Industrie mit sehr hohen Zugangshürden für neue Wettbewerber, so wird der Mobilitätsmarkt durch die voranschreitende Digitalisierung und Vernetzung auch für Start-Ups und branchenfremde Player zunehmend interessant. Aus diesem Grund wird die Verfügbarkeit von Risikokapital, welches für die Ansiedelung und den Erfolg von Start-Ups maßgeblich ist, zu einem wichtigeren Standortfaktor. Hierbei gilt auch zu beachten, dass die Ansiedelung von Start-Ups und die Konzentration von Risikokapital nach einem sich selbst verstärkenden Mechanismus erfolgt. Investoren führen ihr Scouting in den Regionen durch, wo viele Start-Ups sind, während Gründer mit innovativen Ideen dorthin ziehen, wo viel Kapital und Investitionsbereitschaft verfügbar ist. Dass Deutschland trotz der derzeit geringen Risikokapitalinvestitionen grundsätzlich insbesondere im Bereich des automatisierten Fahrens Potenziale für innovative Unternehmensgründungen hat, zeigen erste Beispiele.²⁰²

²⁰² Exemplarisch: Das Start-Up Atlatec, das eine Sensorbox zur Nachrüstung herkömmlicher Fahrzeuge anbietet, mit der präzises 3D-Kartenmaterial erstellt und eine Fahrzeugeigenlokalisierung vorgenommen werden können. Diese Lösung könnte beispielsweise von KMUs, insbesondere aus dem Bereich der Informationstechnologie, zur Entwicklung und dem Testen von ADAS/HAF-Softwarefunktionen genutzt werden.

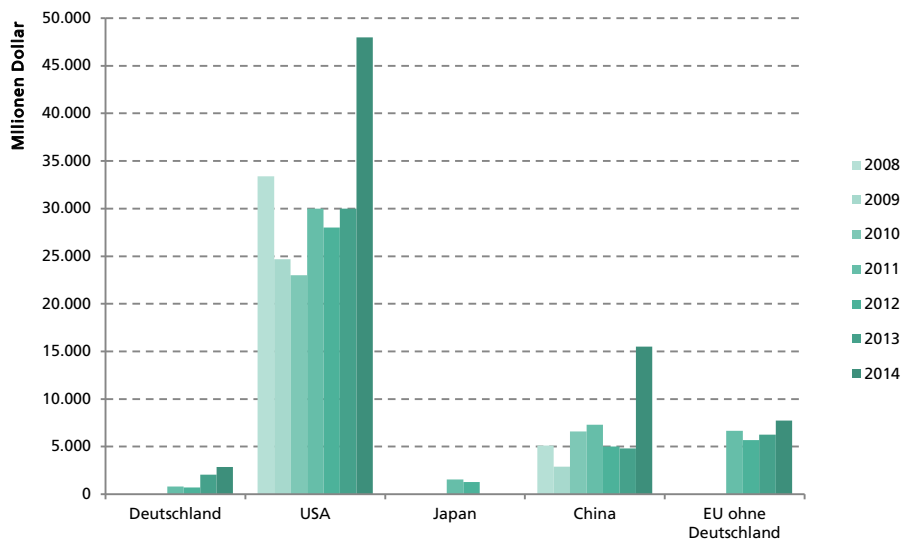


Abbildung 77: Venture Capital Investitionen im Zeitverlauf²⁰³

Zusammenfassende Bewertung der Verfügbarkeit von Kapital

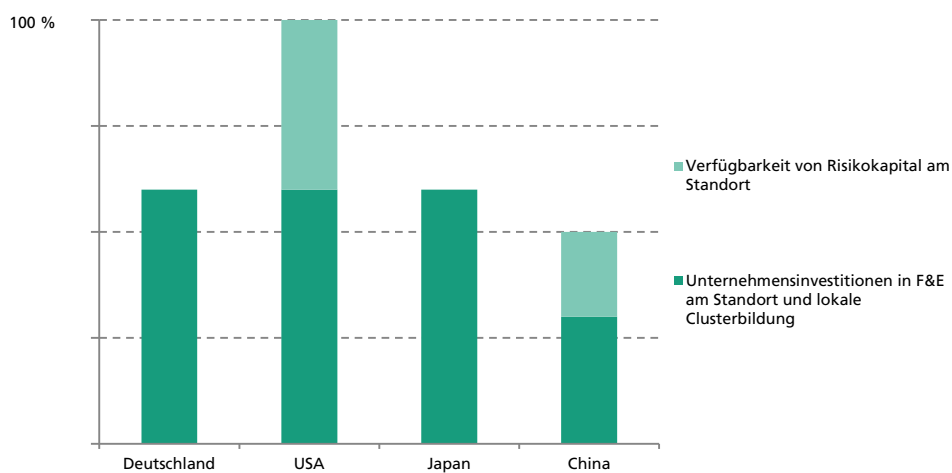


Abbildung 78: Zusammenfassung Verfügbarkeit von Kapital

7.3.2 Indikatoren für die Erfassung des Leitmarktpotenzials

Nachfolgend sollen relevante Indikatoren für die Erfassung des Potenzials zur Entwicklung eines Leitmarkts vorgestellt werden. Abbildung 79 gibt einen Überblick über die festgelegten Gewichtungen:

²⁰³ OECD 2014; OECD 2015; Pearce et al. 2015

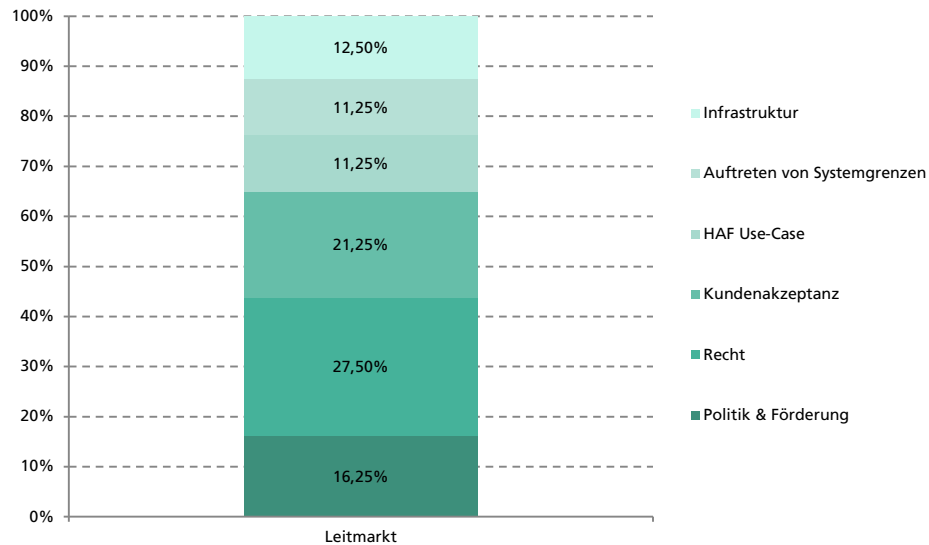


Abbildung 79: Gewichtung der Einflussfaktoren für die Etablierung eines Leitmarktes

7.3.2.1 Einflussfaktor Politischer Rahmen

Die politischen Akteure eines Landes können direkten Einfluss auf die Marktdurchdringung mit Fahrerassistenz- bzw. HAF-Systemen nehmen. So kann das gesetzliche Vorschreiben oder Fördern bestimmter Assistenzsysteme für Neuwagen den Absatz dieser Systeme steigern, sowie zu einer Kostendegression und einer steigenden Akzeptanz beitragen. Zu den wichtigsten politischen Kategorien von Maßnahmen in diesem Bereich zählen:

- Vorschrift aktiver FAS als Serienausstattung von Neufahrzeugen
- Monetäre Kaufanreize für Fahrerassistenzsysteme

Vorschrift aktiver FAS als Serienausstattung von Neufahrzeugen

In der Automobilindustrie kamen Formen des Technology-Forcing, also das Erzwingen technologischer Innovationen durch gesetzliche Vorschriften, bereits häufiger zum Einsatz und haben eine Reihe von Innovationen hervorgebracht beziehungsweise deren Marktdurchdringung beschleunigt. Im Bereich von Vernetzungstechnologien und aktiver Fahrerassistenzsysteme, welche aufgrund ihres Potenzials zur Steigerung der Verkehrssicherheit mit volkswirtschaftlichen Interessen verbunden sind, wäre daher eine Beschleunigung der Marktdiffusion durch politische Maßnahmen durchaus denkbar. Erste Ansätze lassen sich mit der gesetzlichen Vorschrift von E-Call in der EU oder im Nutzfahrzeugsegment erkennen, wo neben dem ESP automatische Notbrems- und Spurhalteysteme zur Vorschrift bei Neufahrzeugen gehören. Bisher hat keines der betrachteten Länder einen Entschluss angekündigt, aktive Fahrerassistenzsysteme als gesetzliche Vorschrift für Neuwagen einzuführen. Während in Europa erste entsprechende Regelungen im Nutzfahrzeugsegment umgesetzt werden und in den USA eine gesetzliche Vorschrift zur Ausstattung von Neufahrzeugen mit Car2X-Technologie diskutiert wird, sind bisher keine Aktivitäten erkennbar, die über öffentlich geäußerte Überlegungen hinausgehen. Das ehrgeizige Ziel Japans, bis 2020 den sichersten Straßenverkehr der Welt zu haben, deutet darauf hin, dass eine höhere Verbreitung von Fahrerassistenz- und -informationssystemen per Gesetz angestrebt wird. So wird im Strategiepapier des IT Strategic Headquarters Japans angekündigt, dass es Ziel der Regierung ist, FAS und FIS zu implementieren und zu popularisieren, was auch eine Nachrüstung bestehender Fahrzeuge mit einschließt (IT Strategic Headquarters 2014b, S. 21).

Als Alternative zur gesetzlichen Vorschrift von FAS und ADAS können Daten über die Kriterien der NCAP-Bewertungsschemata der verschiedenen Länder Aufschluss über künftige Markttreiber für FAS und ADAS geben. So hat sich in der Vergangenheit gezeigt, dass die Bewertungskriterien für die Fahrzeugsicherheit der NCAPs die Nachfrage nach Sicherheitssystemen stark beeinflussen, was sich bereits bei System wie dem ESP gezeigt hat. So resultieren aus erhöhten NCAP-Anforderungen zwar keine direkten technologischen Innovationen, allerdings wird die Verbreitung der Systeme in unterschiedliche Fahrzeugklassen und somit der Bekanntheitsgrad aktiver FAS gefördert. Abbildung 80 gibt einen Überblick über die Berücksichtigung von ADAS in den verschiedenen Regionen, wobei deutlich wird, dass in den USA und Japan neue, auf IT basierende FIS und ADAS am stärksten in die NCAP-Bewertung einfließen. Auch im europäischen NCAP werden aktive Fahrerassistenzsysteme jedoch in zunehmendem Maße in die Bewertung einbezogen (Lauermann 2015).

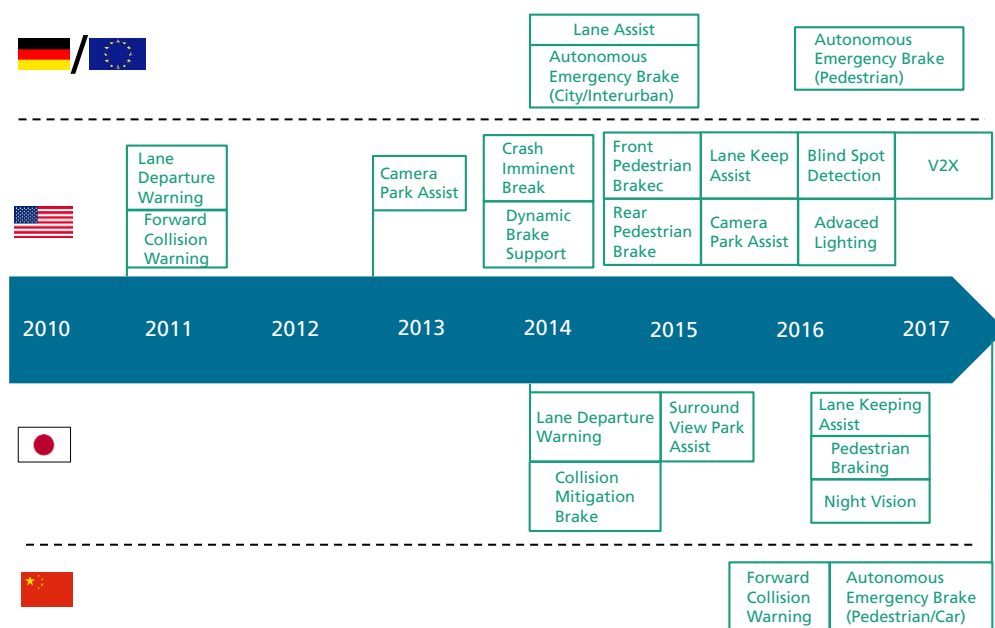


Abbildung 80: Beachtung aktiver Sicherheitssysteme innerhalb der nationalen NCAPs^{204,205}

Monetäre Kaufanreize

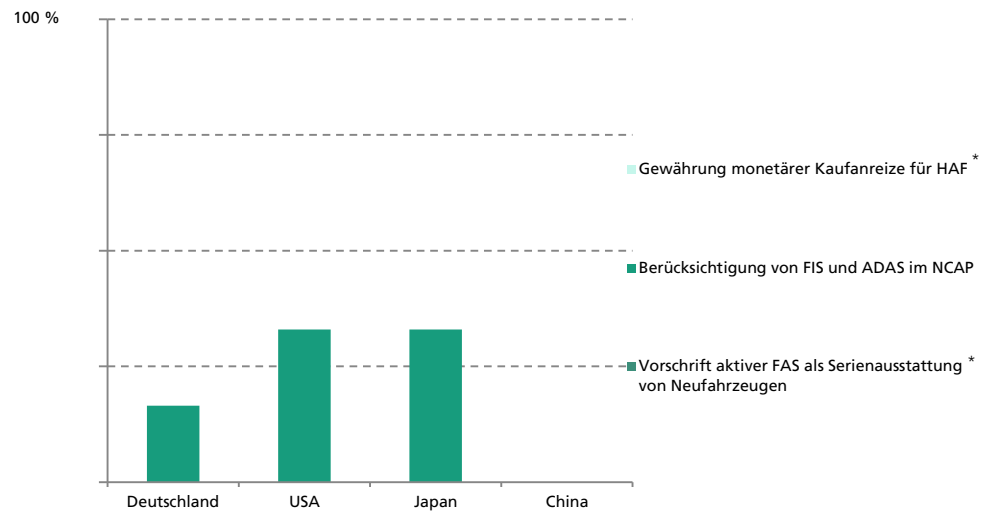
Die Gewährung monetärer Kaufanreize durch den Staat, wie sie beispielsweise für Elektrofahrzeuge in vielen Ländern diskutiert oder getätigt werden, kann ein politisches Mittel sein, den Absatz von HAF-Fahrzeugen zu steigern.

Voraussetzung für eine direkte politische Förderung der Nachfrage nach HAF-Fahrzeugen ist jedoch der Beleg und die valide Quantifizierung der positiven volkswirtschaftlichen Effekte durch hochautomatisierte Fahrzeuge. Bisher hat noch keines der betrachteten Länder das Vorhaben angekündigt, den Markt für HAF mit finanziellen Anreizen fördern zu wollen.

²⁰⁴ Eigene Darstellung in Anlehnung an IHS Automotive 2015b, S. 4

²⁰⁵ C-NCAP Management Center 2014, S. 19

Zusammenfassende Bewertung des politischen Rahmens



* Bisher hat keines der betrachteten Länder entsprechende Maßnahmen angekündigt

Abbildung 81: Zusammenfassende Bewertung des politischen Rahmens Leitmarkt

7.3.2.2 Einflussfaktor Rechtlicher Rahmen

In Hinblick auf die rechtlichen Rahmenbedingungen herrscht bereits ein „Wettbewerb“ unter den größten Automobilnationen. Die Operationalisierung erfolgt über die Merkmale²⁰⁶:

- Vorhandensein kalkulier- und versicherbarer Haftungsrisiken
- Vorhandensein von Rechtssicherheit/langfristige Planbarkeit
- Geschwindigkeit bei der Schaffung der zulassungsrechtlichen Voraussetzungen

Vorhandensein kalkulier- und versicherbarer Haftungsrisiken

Die Frage nach kalkulier- und versicherbaren Haftungsrisiken kann nur schwer beantwortet werden, solange die Technik für hochautomatisierte Fahrzeuge (insb. Bilderkennung und -verarbeitung) noch nicht ausgereift ist. In Deutschland und Japan erscheint jedoch aufgrund der wesentlichen Begrenzung der Haftung auf die tatsächlich Schadenshöhe die Kalkulier- und Versicherbarkeit von Schäden im Zusammenhang mit hochautomatisierten Fahrzeugen eher gegeben, als dies in den USA der Fall ist. Nach der dortigen Rechtsordnung hat das Schadenersatzrecht monetären Strafcharakter und soll Produzenten von vornherein vom Inverkehrbringen unsicherer Produkte abhalten. Die Höhe der möglicherweise zu erwartenden Strafzahlungen kann nicht vorhergesagt werden, sodass das die Haftungsrisiken in den USA kaum kalkulierbar sind. Bezüglich der Haftungsrisiken in China konnte nur wenig ermittelt werden. Es können jedoch aufgrund der politischen Struktur auch kurzfristige Rechtsnovellen eingeführt werden, die eine Haftung für die Akteure kalkulier- und versicherbar machen.

²⁰⁶ Dabei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass eine Vergleichbarkeit aufgrund der unterschiedlichen Rechtsordnungen und Rechtskulturen der einzelnen Staaten nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Rechtssicherheit

Die derzeit unklare rechtliche Situation für HAF bringt für Unternehmen große Entwicklungsrisiken mit sich.²⁰⁷ Der Faktor Rechtssicherheit und -beständigkeit beschreibt die erwartete Verlässlichkeit der in den betrachteten Ländern künftig gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen. Als Grundlage für eine Einschätzung liegen vorrangig qualitative Aussagen vor. Generell kann jedoch für Deutschland die Aussage getroffen werden, dass rechtliche Novellierungen nur in Einzelfällen auf „Schnellschüssen“ fußen und so von einer rechtssicheren und bestandskräftigen Rechtslage für Unternehmen und Nutzer auszugehen ist, nachdem eine solche Novellierung erfolgt ist. Für China gilt hier wiederum aufgrund des autoritären Einparteiensystems, dass eine Vorhersage hinsichtlich der Rechtssicherheit und Beständigkeit fast unmöglich ist. So erscheint es möglich, dass einmal getroffene Entscheidungen aufgrund politischen Umdenkens in absehbarer Zeit wieder revidiert werden.

Geschwindigkeit der Schaffung zulassungsrechtlicher Voraussetzungen

Die Schaffung der zulassungsrechtlichen Vorschriften für hochautomatisierte Fahrzeuge ist eine grundlegende Voraussetzung für ihre Markteinführung. Somit kann der Staat, welcher als erstes ein rechtssicheres Zulassungsrecht für hochautomatisierte Fahrzeuge implementiert, einen zeitlichen Vorteil bei der Markteinführung erlangen und somit die Entwicklung zum Leitmarkt entscheidend beeinflussen. Zudem bietet sich für denjenigen Staat, der die Definition der Zulassungsbestimmungen zügig vorantreibt die Chance, in Abstimmung mit der Industrie, auch auf technische Produktmerkmale Einfluss zu nehmen. Dementsprechend könnten Länder, die eine entsprechende Regelung später vereinbaren, in die Situation kommen, sich rechtlich einem technischen Quasi-Standard anpassen zu müssen. Aus rechtswissenschaftlicher Sicht ist der Zeitpunkt des Erreichens der notwendigen technischen Entwicklungsstufen zur Zulassungsfähigkeit hochautomatisierter Fahrzeuge nicht vorhersehbar. Wie bereits beschrieben, kann die mögliche Geschwindigkeit der Schaffung zulassungsrechtlicher Voraussetzungen insbesondere für China aufgrund der politischen Situation nicht vorhergesagt werden. Bezüglich der Geschwindigkeit bei der Schaffung der zulassungsrechtlichen Voraussetzungen deuten die bisherigen Entscheidungsprozesse bezüglich der Testbedingungen darauf hin, dass die USA am schnellsten sein werden.

²⁰⁷ So kann beispielsweise ein hochautomatisiertes Fahrzeug, welches für die Frage eines automatisiert eingeleiteten Bremsvorgangs nicht zuverlässig zwischen einem Kind und einer Plastiktüte unterscheiden kann, wohl in keinem Land zulassungsfähig sein. Bis diese technischen Hürden nicht genommen sind, können sich auch Investitionen in hochautomatisierte Systeme nicht amortisieren.

Zusammenfassende Bewertung des rechtlichen Rahmens

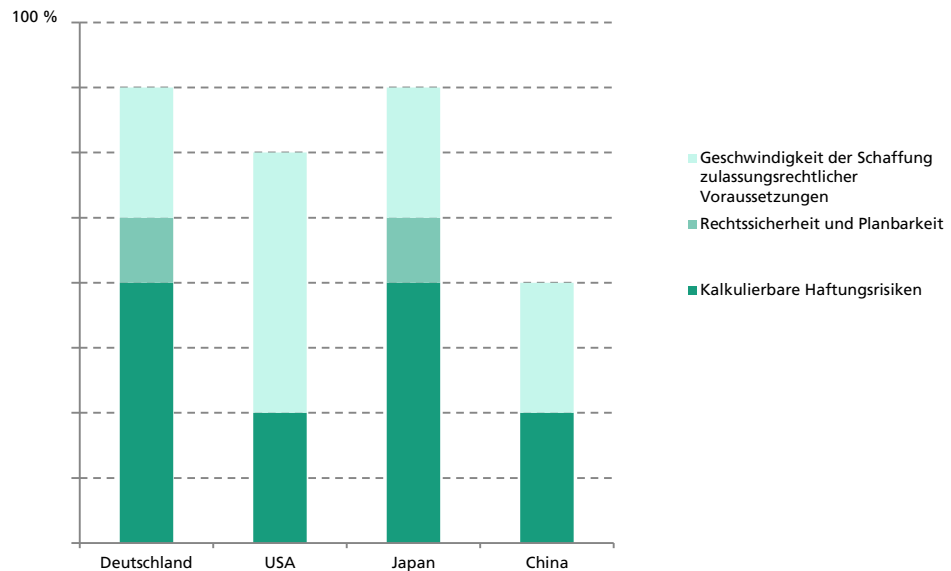


Abbildung 82: Zusammenfassung rechtlicher Rahmen Leitmarkt

7.3.2.3 Einflussfaktor Kundenakzeptanz

Der wirtschaftliche Erfolg des automatisierten Fahrens hängt stark von der künftigen Marktdurchdringungsrage ab. Die Kundenakzeptanz und die Zahlungsbereitschaften für Fahrerassistenzsysteme variieren in den verschiedenen Märkten und haben demnach unterschiedliche Absatzzahlen zur Folge. Es wird davon ausgegangen, dass Länder ein erhöhtes „Leitmarkt-Potenzial“ aufweisen, in denen die grundsätzliche Zahlungsbereitschaft für HAF-Funktionen hoch ist. Somit wird der Einflussfaktor Kundenakzeptanz über den folgenden Indikator operationalisiert:

- Zahlungsbereitschaft für HAF

Zahlungsbereitschaft für HAF-Systeme

Die Zahlungsbereitschaft für hochautomatisierte Fahrfunktionen wird ein wichtiges Kriterium für die Etablierung des Leitmarktes sein. Während der Marktanteil von Premiumfahrzeugen bereits Hinweise darüber gibt, wie viel Kunden bereit sind für ein Fahrzeug als Ganzes zu bezahlen, weisen verschiedene Kundenbefragungen auch ein durchaus unterschiedliches Interesse am Kauf und eine unterschiedliche Zahlungsbereitschaft für HAF in verschiedenen Ländern aus.

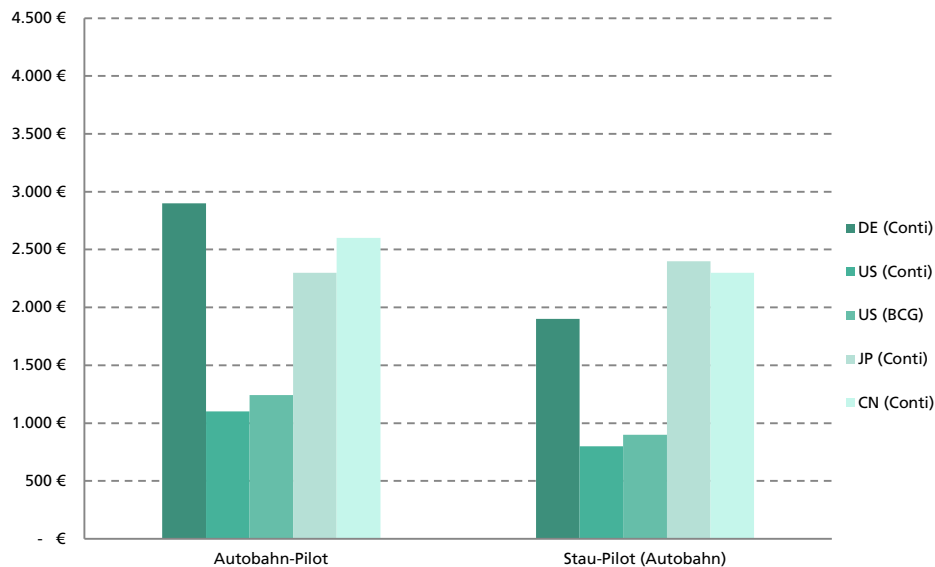


Abbildung 83: Zahlungsbereitschaft im Nationenvergleich

7.3.2.4 Einflussfaktor HAF Use cases

Tritt der HAF-Anwendungsfall häufig auf, stellt dies eine günstige Ausgangssituation für ein Land auf dem Weg zur Leitanbieterschaft dar. So wird davon ausgegangen, dass der objektive Kundennutzen höher ist, wenn das HAF-System in möglichst vielen Situationen verwendet werden kann. Die Operationalisierung des Indikators erfolgt anhand der:

- Durchschnittliche Verkehrsleistung auf Autobahnen pro Kopf pro Jahr
- Durchschnittlichen Stauzeiten auf Autobahnen pro Kopf pro Jahr

Durchschnittliche Verkehrsleistung auf Autobahnen pro Fahrzeug und Jahr (Index)

Der Kundennutzen von HAF-Systemen steigt mit der Häufigkeit der Nutzungsmöglichkeiten an. So wird davon ausgegangen, dass die Nachfrage umso höher ist, je höher die Verkehrsleistung pro Fahrzeug auf der Autobahn ist. Da die durchschnittene Fahrleistung auf Autobahnen pro Fahrzeug und Jahr nicht für alle betreffenden Länder statistisch vorliegt, wurde stattdessen ein damit stark positiv korrelierter Indikator herangezogen. Hierzu wurde Autobahnlänge pro Fahrzeug mit der durchschnittlichen Verkehrsdichte auf Autobahnen multipliziert und daraus ein Indexwert gebildet.

Tabelle 6: Übersicht Verkehrsleistung auf Autobahnen

Länder	Autobahn pro Fzg. (2014)	Verkehrsdichte DTV [2010] ²⁰⁸	Index
Deutschland	0,29 (m/Fzg.)	48.710	0,99
USA	0,63 (m/Fzg.)	39.634	1,74
Japan	0,19 (m/Fzg.)	26.152	0,33
China	0,89 (m/Fzg.)	15.157	0,93

Durchschnittliche Stauzeiten auf Autobahnen pro Kopf pro Jahr

Hinter dem Indikator der durchschnittlichen Stauzeiten auf Autobahnen steht die These, dass die durchschnittliche Häufigkeit und Dauer von Verkehrsstaus einen Treiber der Nachfrage nach HAF-Fahrzeugen darstellen. So zielt die Automatisierung von Fahrzeugen seitens der Hersteller vor allem auf Situationen ab, in denen die Nutzung des Autos als unkomfortabel wahrgenommen wird. Hierbei wird gerade die verbrachte Zeit im Stau als belastend und unproduktiv wahrgenommen, was sich bereits heute darin äußert, dass die Beschäftigung mit anderen Tätigkeiten während der Fahrt immer häufiger zu beobachten ist.

Tabelle 7: Übersicht Stauzeiten auf Autobahnen

Durch Stau verursachte Reisezeitverlängerung auf Autobahnen²⁰⁹

Deutschland	14%
USA	15%
Japan	n/a ²¹⁰
China	24%

²⁰⁸ International Road Traffic and Accident Database (IRTAD)

²⁰⁹ TomTom 2015

²¹⁰ Da im TomTom Traffic Index keine Daten über Japan vorliegen, wurde der Stauforscher Professor Michael Schreckenberg um eine Einschätzung zur Einordnung Japans unter den vier betrachteten Ländern gebeten. Laut seiner Experteneinschätzung ist der Zeitverlust aufgrund von Stau auf japanischen Autobahnen in Relation zu den Ländern Deutschland, USA und China als am höchsten zu bewerten.

Zusammenfassende Bewertung des Einflussfaktors HAF-Use cases

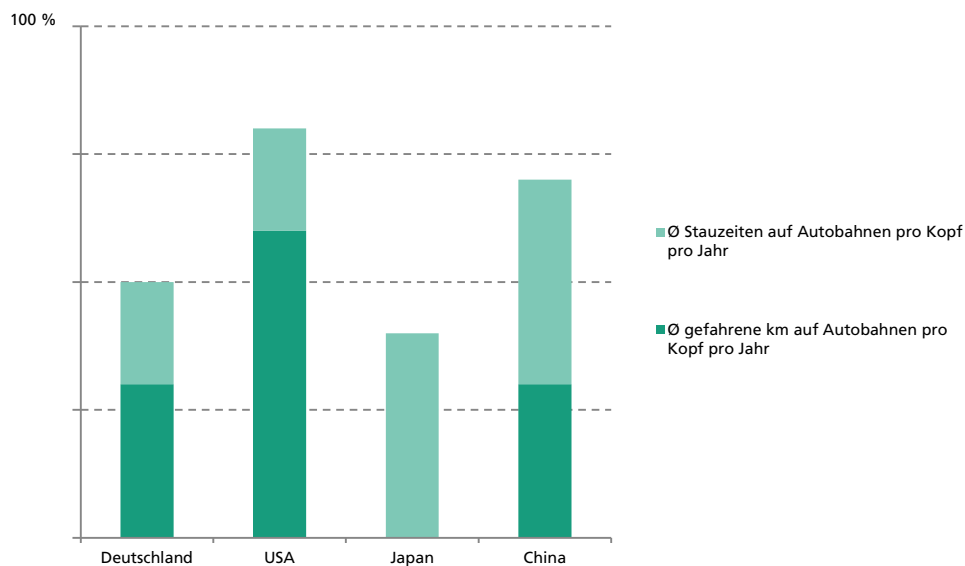


Abbildung 84: Zusammenfassung HAF-Use cases

7.3.2.5 Einflussfaktor Auftreten von Systemgrenzen

Neben der Möglichkeit das HAF-System möglichst intensiv zu nutzen, ist es für den Absatz zudem relevant, als wie nützlich und komfortabel dessen Verwendung vom Kunden wahrgenommen wird. Treten häufige Systemgrenzen auf und wird der Fahrer somit an der dauerhaften Nutzung des Systems gehindert, so die Hypothese, verringert sich der Kundennutzen und die Akzeptanz von HAF-Systemen. Die Häufigkeit des Auftretens von Systemgrenzen wird maßgeblich beeinflusst von:

- Antizipierte Eingriffshäufigkeit aufgrund der Straßenqualität (Straßenzustand, Vorhandensein von Markierungen & Beschilderung)
- Antizipierte Eingriffshäufigkeit aufgrund der Komplexität des Autobahnverkehrs
- Wetterbedingungen im betreffenden Land

Straßenqualität

Die Qualität und der Zustand der Straßeninfrastruktur haben einen bedeutenden Einfluss auf die Häufigkeit des HAF-Use-Cases. So ist die Fahrzeugsensorik auf die Erfüllung bestimmter straßenbaulicher Mindestanforderungen, wie eine durchgängige und sichtbare Markierung und Beschilderung, angewiesen. Auch größere Schlaglöcher können die Funktionalität des HAF einschränken beziehungsweise dazu führen, dass Systemgrenzen häufiger erreicht werden, was den Nutzungskomfort für den Kunden einschränken kann. Da zur Beurteilung der Qualität des Autobahn- bzw. Straßennetzes keine international standardisierten Daten vorliegen, wird auf eine Selbsteinschätzung von Experten der jeweiligen Länder zurückgegriffen, die jährlich im Rahmen des Weltwirtschaftsforums erhoben wird (Schwab/et al. 2014, S. 429).²¹¹

²¹¹ Antwortmöglichkeiten: [1 = extremely underdeveloped—among the worst in the world; 7 = extensive and efficient—among the best in the world]; | 2013–14 weighted average

Tabelle 8: Übersicht zur Straßenqualität nach Nation

Land	Rang (weltweit)
Deutschland	13
USA	16
Japan	10
China	12

Komplexität des Autobahnverkehrs

Auch die Komplexität des Autobahnverkehrs hat einen Einfluss für die Häufigkeit des Auftretens von Systemgrenzen und somit auch auf den objektiven Kundennutzen. Die Komplexität des Verkehrs, welche eine Herausforderung für die Fahrzeugsensorik darstellt, wird maßgeblich von der Verkehrsdichte und der gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeit bestimmt. Für eine Operationalisierung werden daher einerseits der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) im betreffenden Land und andererseits die Höhe der jeweils vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen herangezogen.

Tabelle 9: Übersicht zur Komplexität des Autobahnverkehrs

Land	DTV [2010] ²¹²	Tempolimit
Deutschland	48.710	/ ²¹³
USA	39.634	130 km/h
Japan	26.152	100 km/h
China	15.157	120 km/h

Niederschlagsmenge

Da die Sensorik zur Realisierung des HAF durch gewisse Wettereinflüsse wie Niederschlag oder Regen beeinträchtigt wird, hat auch das vorherrschende Wetter in den betrachteten Ländern einen Einfluss auf die Häufigkeit des Auftretens von Systemgrenzen. So kann in Regionen mit einem hohen durchschnittlichen Niederschlag verhältnismäßig seltener hochautomatisiert gefahren werden, was die Nachfrage nach HAF-Fahrzeugen negativ beeinflussen kann. Da landesweite Durchschnittswerte von Niederschlagsmengen aufgrund der Größe mancher betrachteter Länder nicht aussagekräftig wären, wurden für diesen Indikator große Ballungsräume oder bevorzugte Testgebiete für automatisierte Fahrzeuge hinsichtlich ihrer durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge verglichen.

²¹² International Road Traffic and Accident Database (IRTAD)

²¹³ In Deutschland gilt auf 61% der Autobahnen kein vorgegebenes Tempolimit, während die offizielle Richtgeschwindigkeit bei 130 km/h liegt.

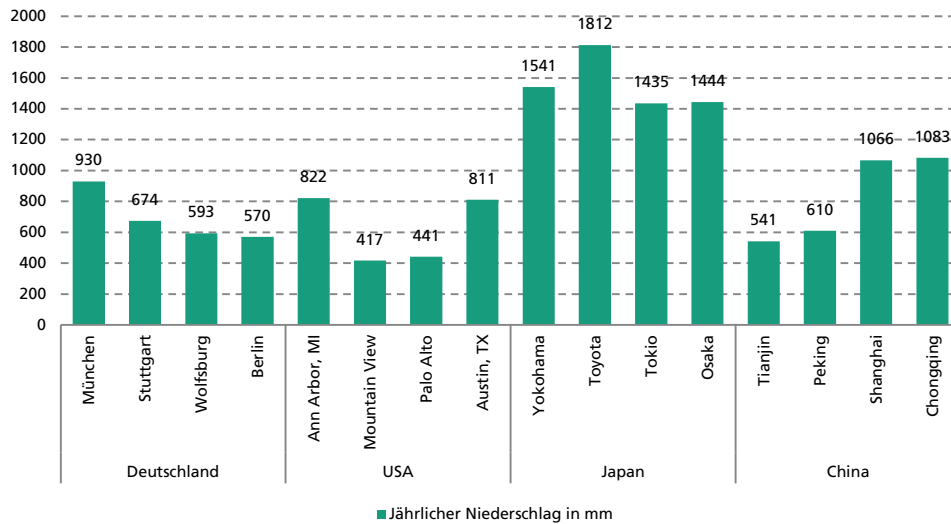


Abbildung 85: Durchschnittliche Niederschlagsmenge in ausgewählten Ballungsräumen²¹⁴

Zusammenfassende Bewertung des Einflussfaktors Auftreten von Systemgrenzen

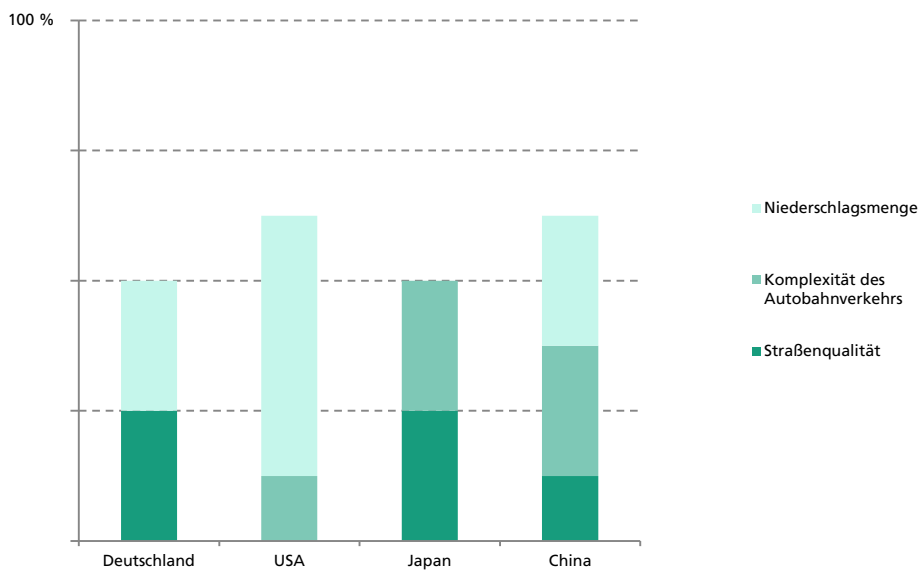


Abbildung 86: Zusammenfassung Auftreten von Systemgrenzen

Es ist zu erwarten, dass umwelt- und verkehrs- und infrastrukturbedingt in Deutschland häufiger Systemgrenzen für HAF auftreten. Dies stellt einen Nachteil für das Erreichen eines Leitmarkts dar.

²¹⁴ Eigene Darstellung auf Basis von Climate-Data.org 2015

7.3.2.6 Einflussfaktor Infrastruktur

Der Nutzen von HAF-Systemen wird durch eine leistungsfähige Kommunikations-Infrastruktur weiter erhöht. Durch die Car2-X-Kommunikation mit der Infrastruktur kann die Eingriffshäufigkeit gesenkt und die Sicherheit des HAF-Fahrzeugs erhöht werden. Ein flächendeckendes und performantes Mobilfunknetz kann einerseits die Geschwindigkeit und Qualität der Backend-Informationen erhöhen, andererseits kann auch das Angebot von sinnvollen und attraktiven Nebentätigkeiten verbessert werden. Die Operationalisierung des Faktors erfolgt demnach über:

- Das Vorhandensein / bzw. die Planung einer Car2X-fähigen Infrastruktur
- Den Zustand / die Kapazität des Mobilfunknetzes

Existenz/Planung einer Car2X-Infrastruktur

Unter den betrachteten Ländern verfügt lediglich Japan bereits über eine großflächige und im Regelbetrieb laufende Car2X-Infrastruktur. In den USA und Deutschland wird zwar über die Einführung von intelligenter Infrastruktur diskutiert und in Ballungsräumen existieren vereinzelt adaptive Verkehrsbeeinflussungsanlagen, jedoch gibt es bislang keine konkrete Planung für die Aufrüstung von Autobahnen mit Kommunikationstechnik. Ebenso gibt es in China keine aktive Infrastrukturtechnologie, welche mit Fahrzeugen per drahtloser Kommunikation Informationen austauscht.

Kapazität des Mobilfunknetzes

Der Indikator „Kapazität des Mobilfunknetzes“ wird anhand der 3G- und 4G-Mobilfunknetzabdeckung in den betrachteten Ländern operationalisiert. Die Daten über die Netzabdeckung stammen von der Open-Source Plattform Open Signal, die mittels Crowd-Sourcing Daten über die Qualität und Signalstärke von Mobilfunkverbindungen erhebt und online verfügbar macht (siehe Abbildung 87).

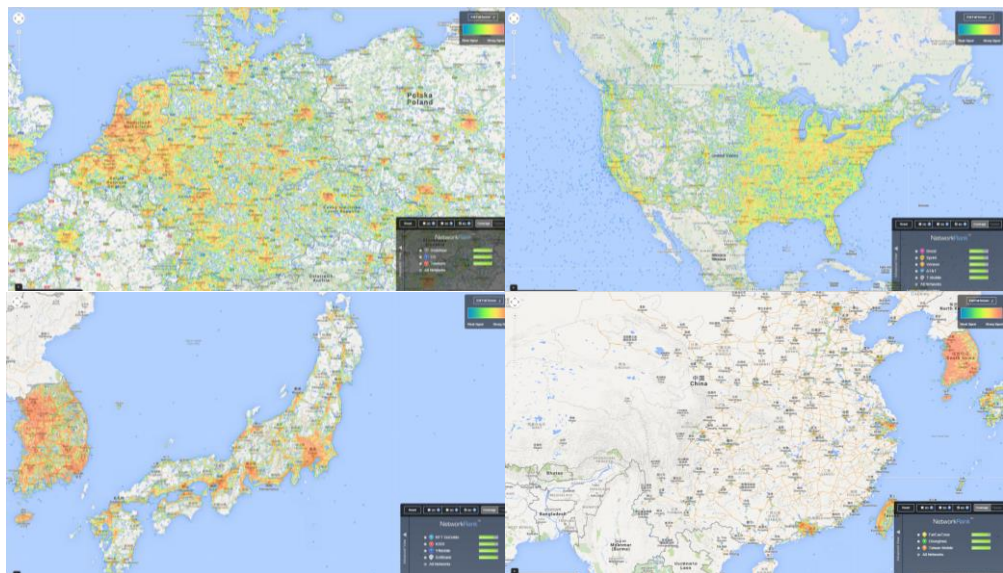


Abbildung 87: Netzabdeckung im Mobilfunk (3G/4G) in ausgewählten Ländern²¹⁵

²¹⁵ OpenSignal 2015

Zudem wird die durchschnittliche prozentuale zeitliche Verfügbarkeit eines leistungsfähigen LTE-Netzes verglichen (siehe Abbildung 88). Hierbei zeigt sich, dass das Mobilfunknetz in Japan am leistungsfähigsten ist. Während das Mobilfunknetz in Deutschland und den USA in den Ballungszentren gut ausgebaut ist, sind in ländlichen oder schwächer besiedelten Gebieten deutliche Lücken in der Versorgung mit schnellen Funkverbindungen auszumachen. Die Qualität und Netzabdeckung des Mobilfunknetzes in China ist jedoch bisher ebenso wenig flächendeckend gewährleistet und nimmt daher unter den betrachteten Ländern die letzte Position ein.

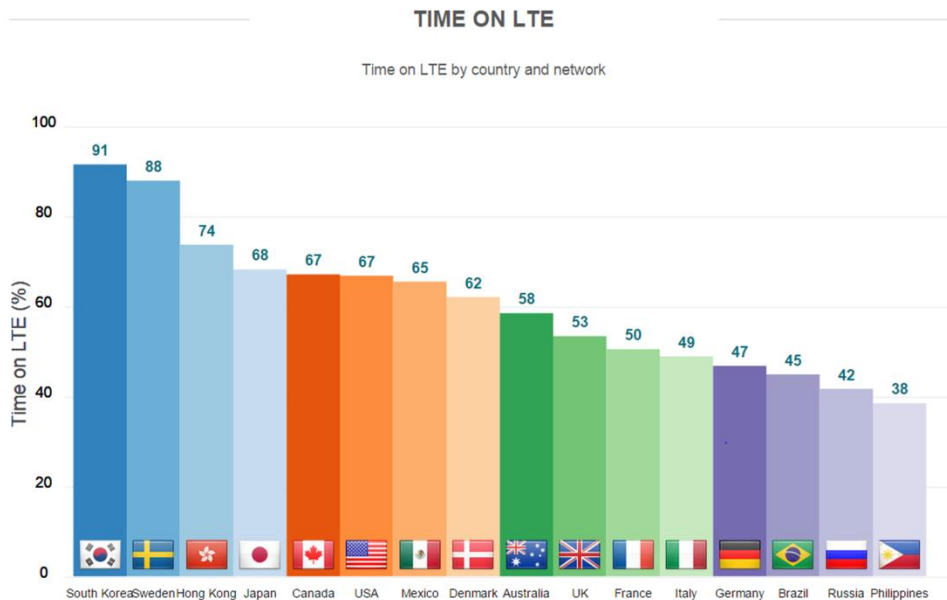


Abbildung 88: Verfügbarkeit LTE-Netz

Zusammenfassende Bewertung des Einflussfaktors Infrastruktur

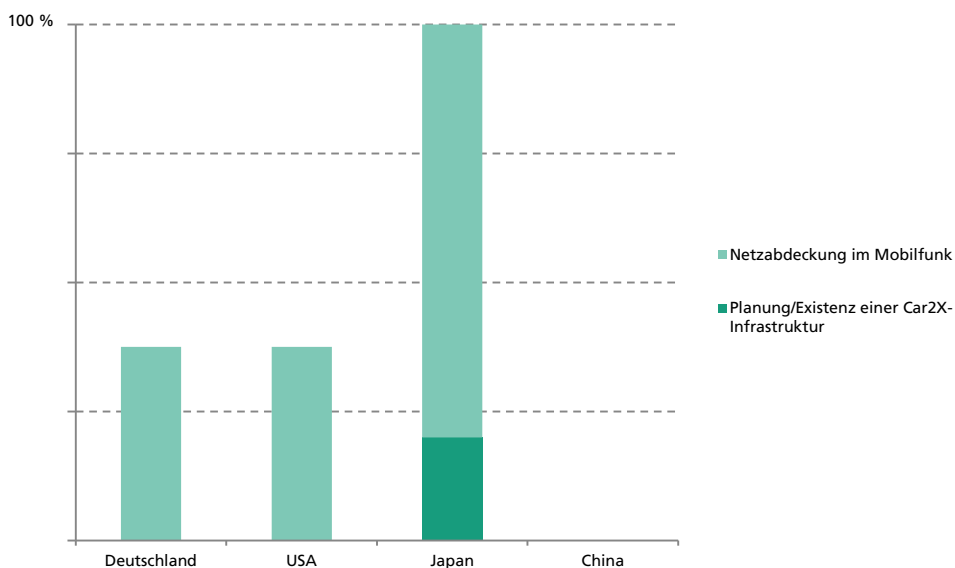


Abbildung 89: Übersicht Infrastrukturgegebenheiten im Nationenvergleich

Bei der Betrachtung der infrastrukturellen Voraussetzung wird deutlich, dass Japan derzeit die günstigste Ausgangsposition besitzt, die Verbreitung von HAF-Fahrzeugen mit Hilfe einer gut ausgebauten Infrastruktur zu unterstützen. Die bereits vorhandene

Car2X-Infrastruktur auf japanischen Autobahnen könnte demnach gleich zu Beginn der Markteinführung die Stabilität und Sicherheit erster HAF-Funktionen erhöhen. In Hinblick auf den Ausbau eines leistungsfähigen Mobilfunknetzes wird auch vielfach darauf hingewiesen, dass die asiatischen Staaten größere Anstrengungen unternehmen. So geht Frost & Sullivan davon aus, dass Korea, Japan und China die Führungsrolle beim Ausbau der 5G-Technologie übernehmen werden und dies einen wichtigen Erfolgsfaktor für die Umsetzung des automatisierten Fahren darstellt (Frost & Sullivan 2015). Aus diesem Grund werden auch hier Japan Vorteile attestiert, da das Land einerseits das am besten ausgebaute Mobilfunknetz besetzt und andererseits aufgrund seiner geringen Größen und gleichzeitig hohen Bevölkerungsdichte gute Voraussetzungen für einen zügigen weiteren Ausbau bietet. Nichtsdestotrotz hat auch Deutschland, mit ähnlichen geographischen Gegebenheiten, nach wie vor die Möglichkeit, eine flächendeckende und performante Mobilfunkinfrastruktur auf- und auszubauen. Die chinesische Situation wird aus heutiger Sicht als am schlechtesten bewertet, da sich der Ausbau des Mobilfunknetzes bisher lediglich auf die Ballungszentren konzentriert. Die Versorgung auf Autobahnen außerhalb der Ballungszentren, die für HAF eine Rolle spielt, wird daher als ausbaufähig angesehen.

7.3.3 Fazit

Der durchgeführte Standortvergleich zeigt, dass Japan und die USA eine jeweils vorteilhafte Ausgangssituation haben, dem Standort Deutschland im Wettbewerb um eine Leitanbieterschaft Konkurrenz zu machen. So zeichnet sich das japanische System durch eine enge und abgestimmte Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen politischen Gremien aus, was in Verbindung mit der hohen strategischen Bedeutung, welche dem Thema automatisiertes Fahren beigemessen wird, zu einer zügigen, politisch unterstützten Weiterentwicklung und Erprobung der Technologie führen kann. Die USA hingegen haben einerseits eine strukturell sehr vorteilhafte Qualifizierungslandschaft, da die stetig zunehmende Bedeutung von IT-Kompetenzen der Fokussierung einiger US-amerikanischer Universitäten entgegenkommt. Ein weiterer Faktor, der die USA als Standort für Automobilhersteller bereits heute sehr attraktiv macht und künftig zunehmend attraktiver machen könnte, ist die Konzentration von Risikokapital und in Folge dessen von innovativen IT-Unternehmen. Dieser Faktor, der vor allem in Hinblick auf die Vernetzung von Fahrzeugen und hiermit verbundene neue Geschäftspotenziale sowie hinsichtlich der Anwendungsfälle des vollautomatisierten Verkehrs relevant werden, ist als besonders kritisch zu bewerten. Denn der „Mythos Silicon Valley“ basiert nicht ausschließlich auf Strukturen, die in anderen Ländern mit politischen Weichenstellungen zu kopieren sind. Stattdessen ist eher davon auszugehen, dass sich heute herausbildende Cluster zwischen Automobilbranche und IT-Unternehmen pfadabhängig dort weiterentwickeln und vergrößern, wo bereits Ansätze der Branchenverflechtung vorhanden sind. Demnach sollte auch in Deutschland versucht werden, die Vernetzung der Automobilindustrie mit branchenfremden Akteuren zu institutionalisieren. Hierbei gilt es, nicht ausschließlich die Potenziale der IT-Wirtschaft für die Automobilbranche zu betonen sondern andersherum auch zu eruieren, welche Potenziale die Automatisierung und Vernetzung von Fahrzeugen birgt, traditionelle und insbesondere neue Automotive-Kompetenzen in andere Branchen zu übertragen²¹⁶.

²¹⁶ So wird die Entwicklung des so genannten „Internet of things“ langfristig in einer Vielzahl von Branchen Fragen aufwerfen, mit denen sich die Automobilindustrie bereits im Kontext des automatisierten vernetzten Fahrzeugs konfrontiert sieht. So werden beispielsweise unten den Schlagwörtern zusammengefasste

Auch beim Einflussfaktor der verfügbaren Kompetenzen am Standort gelten die USA aus heutiger Sicht als größter Konkurrent Deutschlands. Zwar zeigt die Analyse von wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Patentanmeldung die starke Position Deutschlands im Bereich der wissenschaftlichen Forschung, jedoch werden auch für die praktische Entwicklung und Optimierung der Fahrzeugfunktionen eine wachsende Zahl von IT-Fachkräften benötigt, deren knappes Angebot auf dem deutschen Arbeitsmarkt bereits heute schon zu Engpässen führt.

Bei der Standortanalyse hinsichtlich der Etablierung als Leitmarkt für automatisierte Fahrzeuge zeigte der Indikatorenvergleich, dass Japan tendenziell bessere Ausgangsbedingungen aufweist, um einen schnelleren Markthochlauf für HAF zu erreichen. Hierbei fallen insbesondere das gut ausgebaute Mobilfunknetz und die vorhandene Car2-X-Infrastruktur ins Gewicht, da HAF auf Autobahnen unter den gegebenen Bedingungen erstens sicherer und komfortabler und zweitens mit einem breiteren und leistungsfähigerem Angebot an Nebentätigkeiten angeboten werden kann. Auch die Komplexität des Autobahnverkehrs ist in Japan geringer, weshalb von einer geringeren Eingriffshäufigkeit beim hochautomatisierten Fahren ausgegangen werden kann. Deutschland besitzt hingegen einen Vorteil im Bereich der Kundenakzeptanz, da die erwartete Zahlungsbereitschaft im Vergleich zu Japan und den USA deutlich höher ausfällt.

Der effektivste Weg, die angestrebte Leitmarkt-Position für ADAS zu halten und mit der Markteinführung von HAF weiter auszubauen wäre jedoch einerseits die zügige Schaffung zulassungsrechtlicher Voraussetzungen für HAF-Fahrzeuge und andererseits die Regelung der haftungsbezogenen Fragestellungen, welche gerade in den USA noch weitestgehend ungeklärt und aufgrund des Konzepts der „punitive damages“ auch künftig noch mit einer hohen Unsicherheit für Anbieter und Fahrzeugkunden behaftet ist.

Weiterhin hat bisher keines der vier betrachteten Länder die Gewährung finanzieller Kaufanreize angekündigt, die im Falle von HAF insofern in Betracht zu ziehen wären, als dass von der Technologie ein positiver Effekt auf die allgemeine Verkehrssicherheit für alle Verkehrsteilnehmer erwartet wird.

In der Gesamtbetrachtung des Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in Bezug HAF-spezifische Einflussfaktoren auf eine Leitmarkt- und Leitanbieterstellung ergibt sich das in Abbildung 90 dargestellte Bild:

Anwendungen wie das Smart Home oder die Smart City mit ähnlich herausfordernden Anforderungen an IT-Security, Robustheit und Zuverlässigkeit verbunden sein.

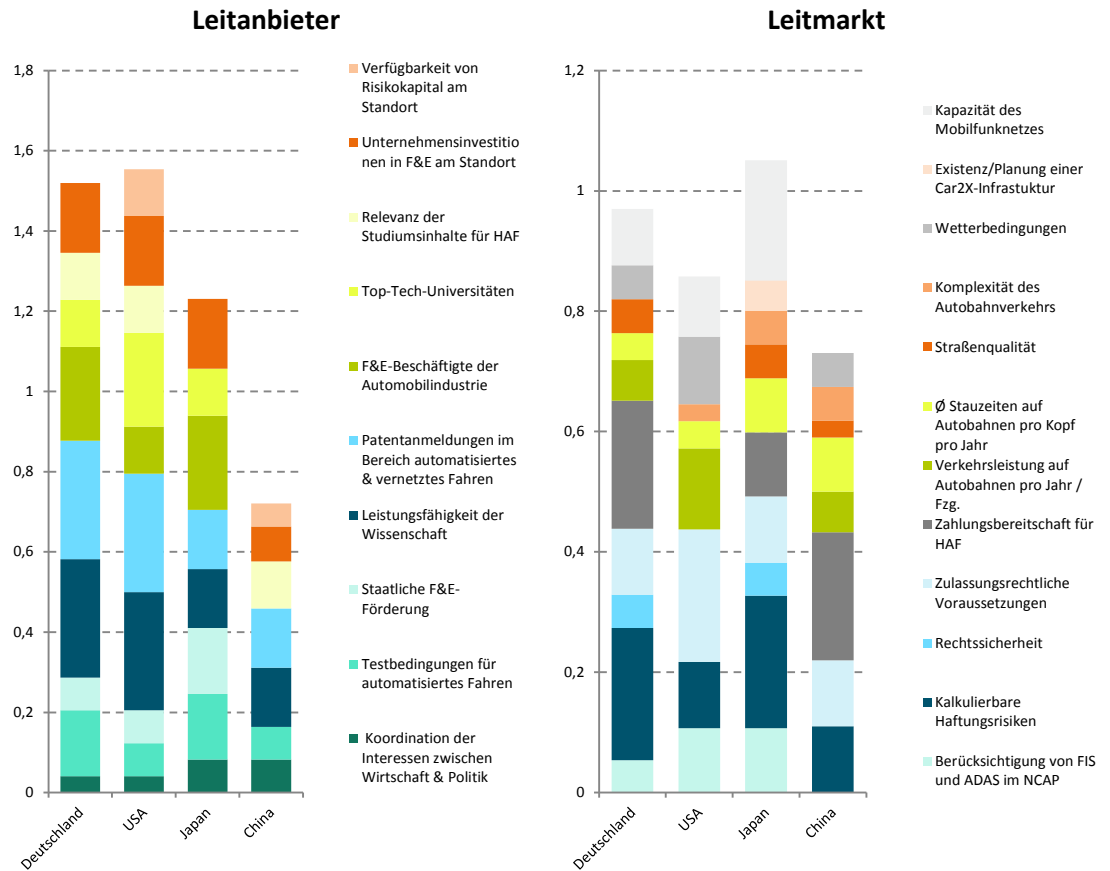


Abbildung 90: Gesamtbetrachtung der Wettbewerbsfähigkeit

Deutschland ist derzeit Leitmarkt und Leitanbieter bei ADAS und wird in der Einführungsphase bis 2020 auch Leitanbieter und mit hoher Wahrscheinlichkeit auch Leitmarkt für HAF sein. Die Indikatorenanalyse zeigt, dass Deutschland ein großes Potenzial hat, auch im Jahr 2025 und darüber hinaus weiterhin eine führende Rolle zu spielen. Jedoch zeigt die Analyse auch, dass die USA ein sehr starker Wettbewerber auf Anbieterseite sein werden und insbesondere Japan über sehr gute Voraussetzungen in Bezug auf die Übernahme der Rolle als Leitmarkt verfügt.

7.4 Neue Geschäftspotenziale durch Nebentätigkeiten im hochautomatisierten Fahrzeug

Hinsichtlich des Potenzials durch Nebentätigkeiten kursiert eine Reihe von Zahlen, die sich oftmals auf unterschiedliche Einheiten beziehen. Die Bandbreite reicht von 5 Milliarden Umsatzpotenzial pro Minute pro Jahr in „autonomen Fahrzeugen“ (McKinsey), 8 Euro pro Woche und Nutzer (Experteninterview Zulieferer 3) oder 400 Euro Umsatz je Fahrzeuglebensdauer (Roland Berger).

Um diese Diskussion zu versachlichen soll zunächst die potenzielle Nutzungsdauer eines HAF-Systems berechnet werden. In einem zweiten Schritt wird diese Nutzungsdauer quantifiziert.

Legt man die 224 Mrd. Fahrleistung auf deutschen Autobahnen insgesamt (Statista 2015c) zugrunde, ergeben sich daraus pro Kraftfahrzeug 3708 km Verkehrsleistung auf

der Autobahn pro Jahr. Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 100 km/h ergibt dies ca. 37 Stunden potenzielle Nutzungsdauer für ein HAF-System pro Jahr, wobei Systemgrenzen hier ausgeblendet werden, d.h. die tatsächliche Nutzungsdauer ist deutlich geringer. Zudem werden die zeitlichen Freiräume durch automatisiertes Fahren nur anteilig wirtschaftlich-kommerziell genutzt werden (Experteninterview Branchenexperte 2). So haben Tests von Automobilherstellern ergeben, dass viele Fahrer bei Übergabe der Fahraufgabe an das HAF-System bevorzugt nicht-kommerziellen Nebentätigkeiten nachgehen (z.B. aus dem Fenster schauen oder sich mit Beifahrern unterhalten) (Experteninterview Hersteller 2).

Zur monetären Bewertung des Potenzials wird 1) der Umsatz pro Nutzer und Zeiteinheit großer Internetunternehmen und 2) das Marktvolumen des deutschen B2C-Marktes betrachtet.

Die Internetunternehmen Google, Twitter und Facebook erzielen pro Nutzer und Jahr einen Umsatz von 170 Dollar (Google), 24,05 Dollar (Facebook) 10,49 Dollar (Twitter). In Deutschland beträgt die Internetnutzung pro Tag 2,33 Stunden (VanEimeren/Frees 2013). Daraus ergeben sich aggregiert und umgerechnet pro Nutzerstunde Umsätze in Höhe von 21,86 Eurocent. Auf die genannte maximale HAF-Nutzungszeit bezogen, ergibt sich daraus ein Potenzial von umgerechnet ca. 8,09 Euro pro Jahr. Wählt man als Ausgangsgröße den B2C-E-Commerce-Internetmarkt, so hat dieser in Deutschland eine Größenordnung in Höhe 8,6 Mrd. Euro pro Jahr, was wiederum nur einem Gegenwert von knapp 16 Cent je Internetstunde entspricht. Daraus resultiert ein Marktpotenzial für HAF von 5,92 Euro pro Jahr. Selbst summiert ergeben beide Marktpotenziale nur ein Volumen in Höhe von 14 Euro pro Jahr. Selbst wenn alle deutschen Pkw hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen ermöglichten, ergäbe dies für Deutschland somit „nur“ ein Marktpotenzial durch Nebentätigkeiten in Höhe von 621 Mio. Euro pro Jahr.

Vergleicht man die verfügbaren Zahlen miteinander, indem man sie in einheitliche Einheiten umrechnet, zeigt sich eine erhebliche Bandbreite. In Tabelle 10 ist das maximale Umsatzpotenzial pro Fahrzeug pro Jahr dargestellt:

Tabelle 10: Vergleich verschiedener Berechnungen zu Umsatzpotenzialen durch Nebentätigkeiten

	hochautomatisiert	vollautomatisiert
Roland Berger	6,20 €	34,67 €
Eigene Berechnungen	14,01 €	78,37 €
Zulieferer 3	416,00 €	2.327,16 €
McKinsey	13.555,87 €	75.833,33 €

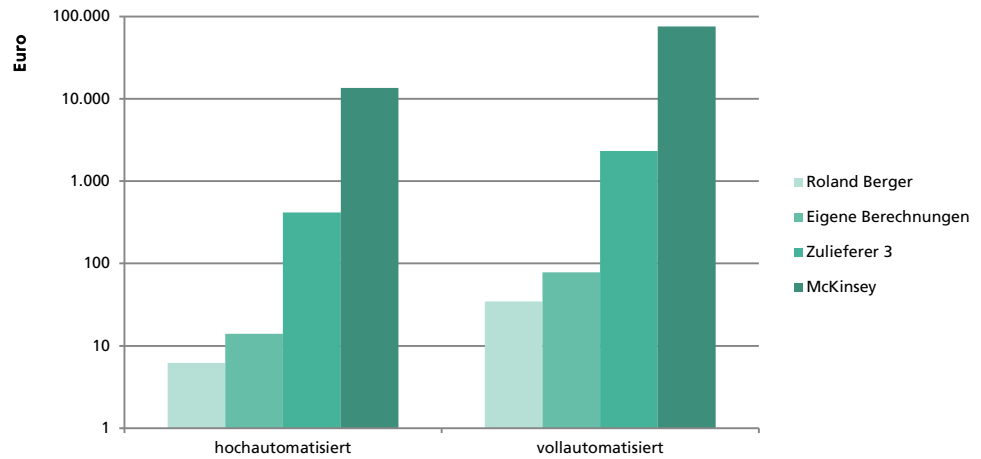


Abbildung 91: Jährliches Umsatzpotenzial durch Nebentätigkeiten bei HAF pro Fahrzeug

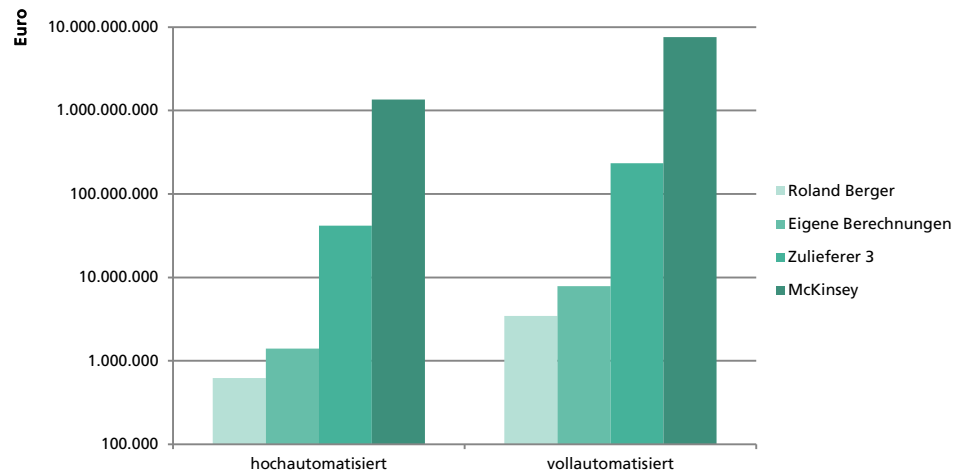


Abbildung 92: Jährliches Umsatzpotenzial durch Nebentätigkeiten bei HAF bei 100.000 Fahrzeugen

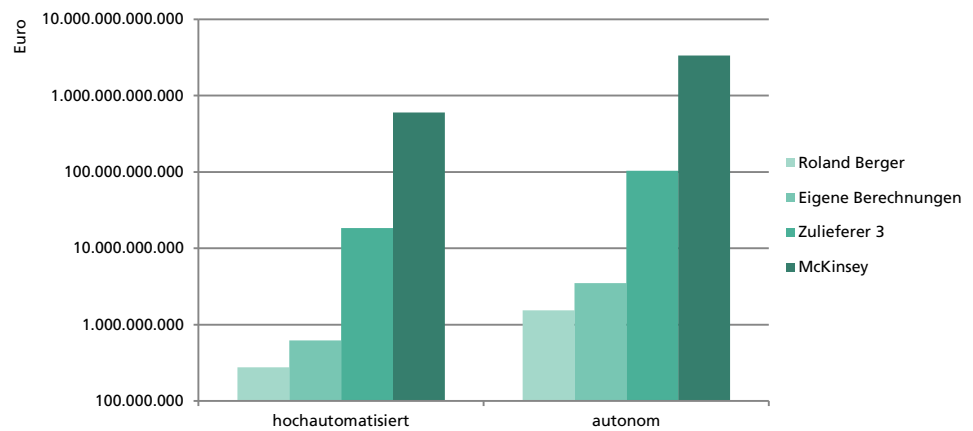


Abbildung 93: Jährliches Umsatzpotenzial durch Nebentätigkeiten bei HAF im Maximalszenario

Da für die höheren Werte (Zulieferer 3, McKinsey) keinerlei Rechengrundlagen oder Annahmen bekannt sind, werden diese vernachlässigt. Die beiden anderen Berechnungen (eigene Berechnung, Roland Berger) weisen aber sehr geringe Marktpotenziale (Umsatzpotenzial im einstelligen Millionenbereich bei 100.000 HAF-Fahrzeugen) auf.

Seitens der Industrie werden diese Zahlen jedoch mit Verweis auf die Zielgruppe Vielfahrer negiert. Berücksichtigt man also nur die 22% der Fahrzeuge mit einer Jahresfahrleistung von über 20.000 km, und nimmt bei diesen Fahrzeugen einen überproportional hohen Autobahnanteil an, so ergibt sich eine maximale HAF-Nutzungszeit von 186 Stunden pro Jahr, so dass das Marktpotenzial von Nebentätigkeiten auf ca. 70,4 Euro pro Fahrzeug und Jahr ansteigen würde. Entsprechend unterproportional ist dann allerdings das Potenzial bei den Autofahrern mit geringerer Jahresfahrleistung.

Fazit:

Das Umsatzpotenzial durch Nebentätigkeiten in Verbindung mit HAF ist begrenzt. Hierbei ist zwischen dem hier nicht betrachteten Lkw-Sektor und dem Pkw-Sektor zu differenzieren. Während die Potenziale im Pkw-Sektor limitiert sind, entstehen im Lkw-Sektor ggf. erhebliche wirtschaftliche Potenziale. (Experteninterview Branchenexperte 3) Industriepolitisch ist das Thema Nebentätigkeiten dennoch auch im Hinblick auf Pkws relevant, da die Potenziale mit der Ausweitung der Automatisierung stark zunehmen. Die Zahlungsbereitschaften für die App-Nutzung in Automobilen ist gering, weshalb Automobilhersteller kaum Möglichkeiten haben Geschäftspotenziale mit Nebentätigkeiten zu realisieren (Experteninterview Hersteller 2). Ab dem vollautomatisierten Fahren greifen allerdings die klassischen Social-Media-, Suchmaschinen- und E-Commerce-Geschäftsmodelle. Insbesondere ab dem vollautomatisierten Fahren greifen die klassischen Social-Media-, Suchmaschinen- und E-Commerce-Geschäftsmodelle, zudem könnten neue Geschäftsmodelle und Serviceangebote entstehen. Aufgrund der derzeit besseren Wettbewerbsposition insbesondere amerikanischer IT-Unternehmen in diesen Märkten, besteht die Gefahr, dass ein Großteil der mit diesen Serviceumsätzen einhergehenden Wertschöpfung jedoch nicht in Deutschland generiert wird (Experteninterview Zulieferer 3).

7.5 Disruptive Innovationen als Alternativszenario zu HAF auf Autobahnen

7.5.1 Einleitung: Disruptive Innovationen

Ziel des Kapitels ist es zu prüfen, ob sich durch hochautomatisierte Fahrzeuge und die darauf folgenden Automatisierungsstufen die Wertschöpfungsstruktur stark verändern könnte. In anderen Branchen (z.B. Tonträger, Fotografie, Computer) vollzog sich diese auch als disruptive Innovation bezeichnete Entwicklung innerhalb kürzester Zeit.

In der Marktauswirkung wird in der Innovationsforschung zwischen erhaltenden und disruptiven Innovationen unterschieden. Während erhaltende Technologien auf einem evolutionären Innovationspfad die Leistung bezüglich bestehender Kundenanforderungen in etablierten Märkten verbessern, zeichnen sich disruptive Innovationen durch folgende Merkmale aus (Christensen et al. 2011).

- Neue Funktionen bzw. Leistungsmerkmale, die eine kleine Randgruppe von (normalerweise neuen) Kunden schätzt
- An bisherigen Qualitätsmerkmalen bemessen: Zunächst Leistungsnachteile gegenüber konventionellen Produkten
- Große Kundengruppen interessieren sich kaum für die Technologie

- Absatzmarkt und mögliche Anwendungen nicht klar bestimmbar
- Häufig einfacher, kleiner und anwendungsfreundlicher - Produkte auf der Grundlage disruptiver Technologien sind normalerweise billiger, einfacher, kleiner und häufig bequemer zu verwenden
- Zunächst wird eine kleine Kundengruppe adressiert
- Potenziale für schnelle Iterationen und Entwicklungsschritte
- Aus der Nische heraus wird die disruptive Technologie weiterentwickelt und verbessert, bis die Kunden der traditionellen Massenmärkte auf die disruptive Technologie umsteigen und große Stückzahlen ermöglichen
- Etablierte Unternehmen nehmen eine Position des Wartens ein, (häufig bis es zu spät ist)
- Disruptive Innovationen haben oft zur Folge, dass Marktführer trotz hoher F&E-Investitionen, Wettbewerbs- und Kundenanalysen ihre Marktstellung verlieren

7.5.2 Anwendung des Konzepts auf automatisiertes Fahren

Es lassen sich zwei paradigmatische Ansätze im Bereich des automatisierten Fahrens unterscheiden. Einerseits ist der inkrementelle Weg zu beobachten, bei dem der Funktionsumfang und Automatisierungsgrad der Systeme stetig zunimmt. Diesen Weg verfolgen sowohl die deutschen Automobilhersteller, als auch einige ihrer internationalen Wettbewerber. Dies zeigen die Markteinführungen in der jüngeren Vergangenheit, die Produktankündigungen für die nächsten Jahre sowie aktuelle Forschungsprototypen. (Experteninterview Branchenexperte 4) Der zweite Weg liegt in der Einführung fahrerloser Fahrzeuge in definierten und räumlich abgrenzbaren Räumen. Hierbei kann es sich sowohl um Privatgelände, als auch um abgrenzbare urbane Räume handeln, in denen fahrerlose Shuttle-Fahrzeuge als Mobilitätssystem eingesetzt werden und mit niedrigen Geschwindigkeiten Personen auf Abruf befördern sollen. Die Einsatzräume müssen jedoch keineswegs baulich abgegrenzt oder für anderen Verkehr gesperrt werden, sondern es werden derzeit vor allem Feldversuche geplant, die von einem Mischverkehr mit konventionellen Fahrzeugen ausgehen.²¹⁷

Überprüft man die Eigenschaften autonomer Fahrzeuge an den oben genannten Kriterien, zeigt sich, dass die Muster, die auch bei anderen disruptiven Technologien retrospektiv festgestellt werden konnten, auch bezüglich autonomer Fahrzeuge erkannt werden können:

- Autonome Fahrzeuge weisen aufgrund der mittelfristigen Begrenzung auf niedrige Geschwindigkeiten auf den ersten Blick Leistungs Nachteile für wichtige Kundengruppen auf. Die Möglichkeit, während der Fahrt vollumfänglich Nebentätigkeiten nachgehen zu können, ist jedoch ein neues Leistungsmerkmal und eine Funktion.
- Die in Forschungsprojekten dargestellten autonomen Fahrzeuge sind einfachere und kleinere Produkte und haben Aussicht auf schnelle Kostensenkungen.²¹⁸

²¹⁷ Die Bezeichnung „autonom“ wird im vorliegenden Gutachten synonym für Fahrzeuge verwendet, die auch im fahrerlosen Betrieb eingesetzt werden können und auf keinerlei Interaktion mit dem Fahrer, der somit zum Passagier wird, angewiesen sind. Definitionen von BAST und SAE enden bei der Stufe der „Vollautomatisierung“, bei denen der Fahrer nicht mehr zwingend eingreifen muss, jedoch theoretisch die Möglichkeit dazu hat. „Autonome“ Fahrzeuge sind hingegen Fahrzeuge, die alle Situationen während der Fahrt beherrschen können und keinen Fahrer benötigen. Das zuerst vorgestellte Konzeptfahrzeug von Google, welches ohne Pedale und Lenkrad vorgestellt wurde, ist hierfür ein Beispiel ebenso wie das Fahrzeug Navia der Firma Induct Technology.

²¹⁸ Viele der autonomen Forschungsfahrzeuge haben einen elektrischen Antriebstrang. Die Komplexität von Elektrofahrzeugen ist gegenüber Verbrennungsfahrzeugen geringer, so dass es Start-Up-Unternehmen und

- Es gibt Nischen, in denen sich autonome Fahrzeuge entwickeln können und in denen es heute bereits eine Zahlungsbereitschaft für die Technologie gibt
- Der „Leap Frog- Approach“ bedeutet den direkten Sprung über den Mixed-mode HAF hinaus. Dies kann insbesondere in den ersten Jahren mit erheblichen Einschränkungen verbunden sein, so dass eine Nutzung nur bei gutem Wetter und nur bei langsamen Geschwindigkeiten möglich sein könnte. (Experteninterview Branchenexperte 4)²¹⁹
- Die Einbindung autonomer Fahrzeuge in neue Verkehrsdienstleistungen könnte den Privatbesitz und den Absatz von Pkw reduzieren. Die Substitution von Komponenten, Technologien und Geschäftsmodellen ist ein typisches Merkmal disruptiver Innovationen.

Abbildung 94 illustriert den möglichen Verlauf einer disruptiven Entwicklung im Bereich des automatisierten Fahrens. Während der Einstieg in der evolutionären Entwicklung früher und mit einer höheren technischen Reife erfolgt, führt der direkte Einstieg ins vollautomatisierte bzw. autonome Fahren zu höheren Innovationsgeschwindigkeiten. Erst nach einigen Jahren wachsen beide Entwicklungsstränge zusammen.

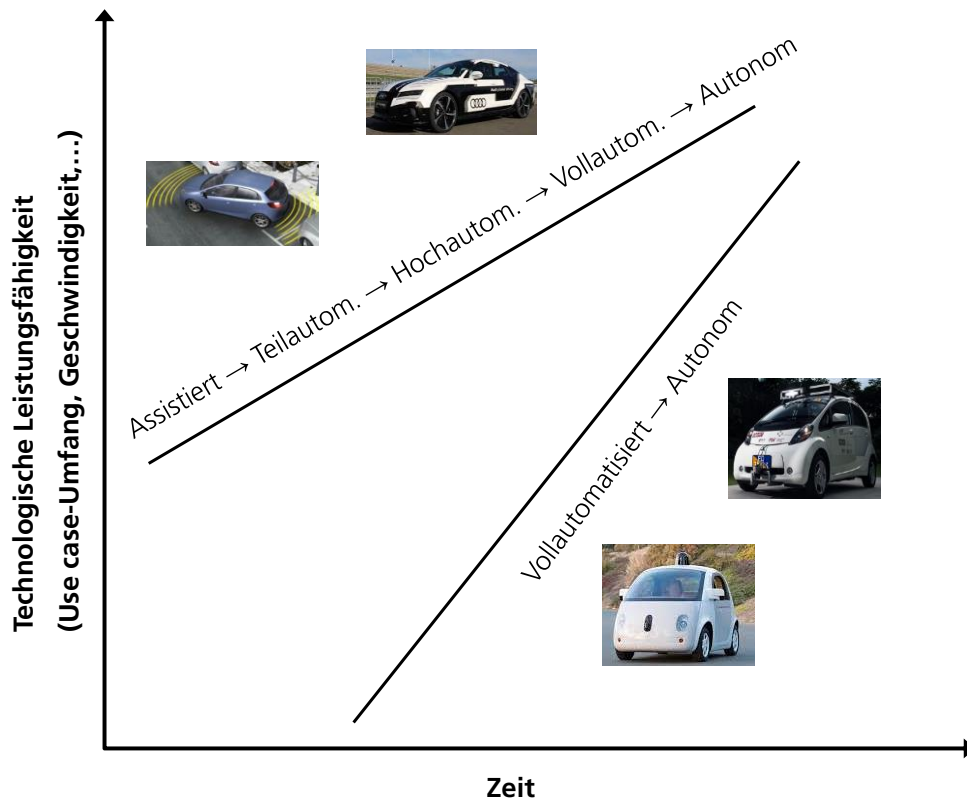


Abbildung 94: Autonome Fahrzeuge als potenziell disruptive Innovation²²⁰

Quereinsteigern möglich ist, ein konkurrenzfähiges Produkt anzubieten. Zugleich sind die Innovations- und Kostensenkungspotenziale bei Elektrofahrzeugen höher.

²¹⁹ Wie in Kap. 4 dargestellt, ist die Geschwindigkeit die wesentliche Stellgröße zur Definition der Anforderungen an ein automatisiertes Fahrzeug. Es ist daher plausibel, dass autonome Fahrzeuge zunächst auf niedrige Geschwindigkeitsbereiche begrenzt sein werden.

²²⁰ Eigene Darstellung.

7.5.3 Aktuelle Aktivitäten des evolutionären und des disruptiven Ansatzes

Die deutsche Automobilindustrie plant eine schrittweise Einführung des automatisierten Fahrens („Revolution by Evolution“) (Experteninterview Hersteller 1). Ihre Strategie besteht darin, Fahrzeuge mit immer mehr Fahrerassistenzsystemen auszustatten, deren Diffusion voranzutreiben und das hochautomatisierte Fahren vorerst in bestimmten Situationen (Stau, Autobahn, nur ausgewählte Strecken) zu ermöglichen (Experteninterview Branchenexperte 4). Funktional werden voraussichtlich zunächst Staufahrten bis 60 km/h ermöglicht. Der nächste Schritt ist die Erhöhung der Geschwindigkeit auf der Autobahn auf bis zu 130 km/h (Experteninterview Hersteller 1). Danach könnte die Funktion auch auf Bundesstraßen realisiert werden. Eine automatisierte Fahrt in der Stadt ist jedoch aufgrund der hohen Komplexität aus Sicht einiger Vertreter der deutschen Automobilindustrie technisch erst in „einer fernerer Zukunft“, also 2030 oder später, realisierbar (Experteninterview Hersteller 1). Die Aussagen der deutschen Automobilhersteller sind nicht einheitlich, was die Einschätzung autonomer Fahrzeuge angeht, da Industrievertreter die Einführung autonomer Fahrzeuge (zumindest für bestimmte Anwendungen) durchaus als Parallelentwicklung betrachtet zum hochautomatisierten Fahren betrachten. Die öffentlich gezeigten Forschungsfahrzeuge deutscher Hersteller bilden bislang eher den evolutionären Weg ab. Auch hat kein deutscher Hersteller konkrete Produktentwicklungen von autonomen Fahrzeugen angekündigt. Der Prototyp F015 von Daimler zeigte allerdings, dass auch an autonomen Fahrzeugen geforscht wird. In Pressemeldungen wurde sogar ein Carsharing-Konzept mit autonomen Fahrzeugen von Daimler angekündigt (Hucko 2014). Einige deutsche OEMs sind hinsichtlich ihrer strategischen Ausrichtung bereits innovative Wege gegangen und haben Geschäftsmodelle im Bereich der (Mobilitäts-)Dienstleistungen entwickelt und in den Markt eingeführt. Beispiele hierfür sind Moovel und myTaxi von Daimler sowie die verschiedenen Carsharing-Angebote wie DriveNow, Car2Go, etc (Experteninterview Branchenexperte 5).

Durch die Nutzung autonomer Fahrzeuge im Rahmen einer Mobilitätsdienstleistung weichen die Grenzen zwischen OEM, Zulieferunternehmen und sonstigen Akteuren auf, da die Bedeutung von fahrzeugtechnischer Hardware-Kompetenz abnimmt und neue Kompetenzen, wie bspw. Softwareprogrammierung oder CRM, an Bedeutung gewinnen. Dies könnte auch den bisherigen Tier1-Zulieferern neue Chancen eröffnen. Die deutsche Zulieferindustrie ist derzeit beim Thema autonomes Fahren mindestens so progressiv wie die deutschen Automobilhersteller. Sie stehen darüber hinaus in Lieferbeziehungen mit den neuen Akteuren der Branche (z.B. Google und Apple) bzw. bedienen sie als Kunde im Bereich der Entwicklung (Experteninterview Branchenexperte 4).

Zukunftsweisende Projekte im Bereich des autonomen Fahrens finden derzeit vor allem außerhalb Deutschlands statt. Hierbei fällt auf, dass diese meist von Unternehmen umgesetzt werden, die nicht aus der Automobilindustrie, sondern aus den Branchen der Robotik und Sensortechnologie kommen und oft auch in Kooperation mit Universitäten entwickelte Fahrzeuge einsetzen. Zudem haben die Projekte zum fahrerlosen Fahren meist die Optimierung des urbanen Verkehrs zum Ziel und setzen nicht auf das Modell des privaten Fahrzeugbesitzes, sondern verknüpfen Elemente des öffentlichen Nahverkehrs mit dem Komfort individueller Mobilität. So konzentriert sich beispielsweise der Staat Singapur auf den Einsatz vollautomatisierter Fahrzeuge, die zu einem Mobilitätssystem entwickelt werden sollen, über welches in Zukunft der gesamte Individualverkehr auf der Insel abgewickelt werden soll. Während bereits 2013 erste Tests mit Shuttle-Systemen des französischen Herstellers Induct auf dem abgegrenzten Gebiet eines Technologieparks durchgeführt wurden, sollen ab 2015 in Zusammenarbeit mit Nissan, Toyota, Continental und dem MIT auch Fahrten mit einer Flotte fahrerloser PKWs auf öffentlichen Straßen durchgeführt werden. Der Inselstaat, der für seine restriktive Verkehrspolitik bekannt ist, verfolgt hiermit das Ziel, den

Individualverkehr möglichst effizient und somit umweltverträglich zu gestalten (Khoeng/Sheun 2014).

Auch das bereits erwähnte Forschungsprogramm der britischen Regierung hat den Test fahrerloser Shuttlesysteme zum Ziel. So erteile das britische Verkehrsministerium Anfang 2015 die Freigabe für das Projekt „AutodriveUK“, in dessen Rahmen in vier Städten verschiedene autonome Transportsysteme getestet werden. So sollen beispielsweise in der Stadt Milton Keynes eigens entwickelte Zweisitzer des Typs LUTZ Pathfinder mit einer Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h zwischen dem örtlichen Bahnhof und der Einkaufsstraße pendeln. Bis 2017 sollen so insgesamt 100 Fahrzeuge eingesetzt werden, die über eine Smartphone-App gebucht und bezahlt werden können (Topham 2015).

Ein weiteres wichtiges Projekt zum autonomen Fahren ist das von der EU finanzierte Projekt CityMobil, welches seit 2012 in verschiedenen europäischen Städten unterschiedliche Ansätze untersucht, um den öffentlichen Nahverkehr mit fahrerlosen Transportsystemen zu ergänzen. In dem Projekt, an dem 45 Partner gemeinsam forschen, befindet sich außer dem DLR kein weiterer Teilnehmer aus Deutschland (Citymobil2 2015).

Auch in China werden Tests mit autonomen Fahrzeugen vorangetrieben, um frühzeitig Erfahrungen mit deren Einsatz zu sammeln. So kündigte der amerikanische Hersteller General Motors 2014 an, das Konzeptfahrzeug EN-V 2.0 in der ökologisch nachhaltigen Planstadt Tianjin einzusetzen und bezeichnet den Feldversuch als ersten Schritt, um die Vision von GM eines möglichst effizienten und sauberen urbanen Verkehrs zu realisieren (General Motors 2014). Ambitionierte Pläne im Bereich der autonomen Mobilität verkündete auch der Automobilhersteller Volvo, der in seinem Projekt DriveMe bis 2017 100 vollautomatisierte Fahrzeuge im Einsatz mit Endkunden auf den Straßen Göteborgs testen will. Zwar sind bisher keine Details über die genaue Ausgestaltung des Systems oder die Auflagen für die Testfahrer bekannt, aber das Unternehmen betont stets das Ziel, vollautomatisiertes Fahren im Straßenverkehr einsetzen zu wollen (Volvo Cars Germany 2015a).

7.5.4 Fazit: Autonome Fahrzeuge als disruptive Innovation

Die deutsche Automobilindustrie verfolgt bei der Automatisierung von Fahrzeugen einen evolutionären Ansatz. Der stufenweise Ausbau von ADAS bis hin zu HAF und der Anwendungsfall auf Autobahnen sind ein Ausdruck dessen. Das Trendszenario ist demzufolge, dass automatisiertes Fahren schrittweise und mit steigenden Automatisierungsgraden und Funktionsumfängen in den Markt kommt und erst nach 2030 durch autonomes Fahren zur Revolution des Personenverkehrs führen wird (Bernhart et al. 2014).

Im Vergleich zum anderen Megatrend „Elektromobilität“ birgt die Automatisierung von Fahrzeugen jedoch ein deutlich größeres Potenzial für disruptive Innovationen, insbesondere vollautomatisiertes und autonomes Fahren weisen Merkmale disruptiver Innovation auf. Die industriepolitischen Risiken bestehen darin, dass neue Akteure oder „Quereinsteiger“ autonome Fahrzeuge früher (möglicherweise in Nischen) realisieren und so schnelle Leistungsverbesserungen erzielen und das traditionelle Geschäftsmodell der Automobilindustrie sukzessive substituiert wird.

Insbesondere in Verbindung mit einem elektrischen Antriebsstrang ist es denkbar, dass Start-Up-Unternehmen gemeinsam mit Partnern, die über Fertigungskompetenzen verfügen, ein technologisch ausgereiftes Fahrzeug auf den Markt bringen. Dieses könnte hinsichtlich der traditionellen Leistungsmerkmale (Komfort, Geschwindigkeit, Beschleunigung, etc.) von heutigen Automobilen abweichen und sich stattdessen durch neue Funktionalitäten wie einen autonomen Fahrmodus und innovative Mensch-Maschine-Schnittstellen auszeichnen. In diesem Szenario ist es vorstellbar, dass diese Fahrzeuge nicht als Einzelprodukt an Endkunden, sondern als Systemlösung an Städte

oder Anbieter von Verkehrsdienstleistungen vertrieben werden. Dabei geht es nicht nur um heute bereits diskutierte „Robo-Taxis“ bzw. „fahrerlose Taxis“, sondern um Konzepte, die heute evtl. noch gar nicht beschrieben werden können. Potenziell disruptive Ansätze mit autonomen Fahrzeugen werden insbesondere von neuen Wettbewerbern aus den USA und Unternehmen aus der IT-Industrie erwartet, auch wenn derzeit noch kein potenzieller Wettbewerber über einen klaren Entwicklungsvorsprung gegenüber der deutschen Industrie verfügt. Da disruptive Innovationen jedoch häufig in Nischen beginnen, sind die Aktivitäten in anderen Ländern, insb. von branchenfremden Akteure im Bereich autonomer Fahrzeuge (Industriepolitisch) mit hoher Aufmerksamkeit zu analysieren.

Google hat die Möglichkeit dieses Szenarios mit der Entwicklung des Self Driving Car unter Beweis gestellt. Und laut unbestätigten Presseberichten arbeitet auch der IT-Konzern Apple an einem solchen Fahrzeugkonzept. Andererseits hat die Automobilindustrie einen erheblichen Know-How-Vorsprung, was Entwicklungs- und Validierungsprozesse betrifft. Die Tatsache, dass Google als IT-Unternehmen (und damit branchenfremder Akteur) ein Fahrzeug mit einer Zusatzfunktionalität für Nischenanwendungen realisieren möchte, weist jedoch typische Merkmale einer disruptiven Innovation auf. Aus diesem Grund werden die Aktivitäten von Google im nächsten Kapitel genauer untersucht.

7.6 Exkurs: Darstellung der Aktivitäten des IT-Konzerns Google im Bereich automatisiertes Fahren

“Das Fahren von Autos ist ein Informationsproblem.
Genau das ist unser Geschäftsfeld.” ²²¹

Jens Redmer, Google

Im Jahr 2012 machte das Unternehmen Google mit der Anmeldung eines US-Patents im Kontext des automatisierten Fahrens auf sich aufmerksam. (BBC News 2012) Bis heute hat der Konzern, dessen Forschungsabteilung Google X-Labs das Self-Driving-Car-Projekt verantwortet, mit insgesamt 20 Fahrzeugen mehr als 2,7 Millionen Testkilometer zurückgelegt (Urmson 2015). Dabei meistern die Fahrzeuge immer neue Anwendungsbereiche. Während auch Googles Projekt mit automatisierten Fahrten auf der Autobahn begann, absolvierte man bereits relativ schnell auch vollautomatisierte Tür-zu-Tür-Fahrten jenseits der Autobahn. Im ersten Schritt kam hierbei eine Flotte von umgerüsteten Fahrzeugen der Marken Toyota und Lexus (Prius und RX 450h) zum Einsatz, während mittlerweile der Schwerpunkt der Aktivitäten beim Einsatz eigens konzipierter Kleinfahrzeuge liegt, die mit geringen Geschwindigkeiten von 25 mph durch urbane Gebiete fahren sollen (Experteninterview Hersteller 1). Laut eigener Aussage priorisiert das Unternehmen das fahrerlose Fahren, weil dort nach wie vor die größten technischen Herausforderungen und Innovationspotenziale lägen (Experteninterview IT-Branche 3). Zudem wird seitens Google immer wieder darauf hingewiesen, dass die Versuche mit HAF-Fahrzeugen auf Autobahnen gezeigt hätten, dass eine Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine nicht sicher umzusetzen sei. Der Mensch vertraue dem System zu schnell und sei ergo nicht für die Übernahme einer dauerhaften, jedoch monotonen Kontrollaufgabe geeignet.

²²¹ Zitiert in: <http://www.welt.de/motor/news/article133301091/Autonomes-Fahren.html>.

Eine andere Interpretation des Strategiewechsels besagt, dass Google die eigene Fahrzeugentwicklung als Reaktion auf die Zurückhaltung verschiedener OEM begann, welche eine Kooperation im Bereich des HAF auf Autobahnen ablehnten. (Experteninterview Hersteller 2) Trotz des momentanen Forschungsschwerpunkts im urbanen Raum will der Konzern nach eigener Aussage langfristig auch den Anwendungsraum Autobahn abdecken (Experteninterview IT-Branche 3). Die eigens entwickelten Google-Cars werden seit 2014 vom Fahrzeugentwickler Roush in Zusammenarbeit mit einer Reihe von traditionellen Automobilzulieferern gefertigt. Der Projektleiter bei Google, Chris Urmson, äußerte bei der Vorstellung des ersten Prototypen noch das Ziel, die Fahrzeuge in fünf Jahren marktreif haben zu wollen (Funk 2015), wurde später jedoch vorsichtiger und gab kurz darauf einen Zeitraum von acht Jahren an (Experteninterview Hersteller 1). Laut der aktuellsten Aussage möchte Google mittlerweile keine genaue Einschätzung zur Marktreife mehr abgeben und benötigt „noch viel Erfahrung“ (Experteninterview IT-Branche 3). Das Beratungsunternehmen IHS prognostizierte unterdessen, dass Googles Testfahren in Innenstadtbereichen weitere drei bis fünf Jahre dauern würden. In einem nächsten Schritt komme es dann ab 2020 zu einer gewerblichen Anwendung in einer Nische, beispielsweise auf einem Universitätscampus. Je nach Erfolg dieser ersten Umsetzungsphase werde ab ca. 2025 ein größerer Rollout umgesetzt (IHS 2015).

7.6.1 Die künftige Marktrolle von Google

Google verfolgt beim Thema automatisiertes Fahren eine andere Herangehensweise als die etablierten deutschen und internationalen Automobilhersteller. So hat sich das Unternehmen relativ schnell dafür entschieden, das Testen des hochautomatisierten Fahrens („Mixed-Mode“) einzustellen und direkt in den Bereich des fahrerlosen, autonomen Fahrens einzusteigen, welches man vorerst unter vereinfachten Bedingungen, nämlich mit begrenzten Geschwindigkeiten von 20 mph umsetzt. Aus Sicht von Google ist es ein Vorteil, hierbei keine Rücksicht auf bestehende Kunden oder Modelle nehmen zu müssen, was der Denkweise der disruptiven Logik „Funktion vor Kunde“ entspricht (Experteninterview Hersteller 1). Derzeit verfüge Google laut eigener Aussage noch nicht über ein Geschäftsmodell für automatisiertes Fahren (Experteninterview IT-Branche 3), jedoch distanzieren man sich explizit von dem Szenario, selbst zum Automobilhersteller mit einer eigenen Fahrzeugproduktion werden zu wollen (Vollmer 2014, S. 64). Eine Einschätzung, die aus Sicht der deutschen Automobilindustrie als durchaus glaubwürdig zu bewerten ist (Experteninterview Branchenexperte 2; Zulieferer 1). Zwar sei es nach wie vor grundsätzlich vorstellbar, dass IT-Unternehmen wie Google in Zusammenarbeit mit Auftragsfertigungsunternehmen als Automobilhersteller auftreten, dieses Szenario wird jedoch aus heutiger Sicht als eher unwahrscheinlich bewertet.

Stattdessen gibt es für Google drei Geschäftsmodell-Ansätze im Bereich des automatisierten Fahrens, die als wahrscheinlicher angesehen werden können:

- 1) Für Google entstehen Erlöspotenziale durch Services im Rahmen der Nebentätigkeiten. Dies gilt unabhängig von den eigenen aktuellen Entwicklungsaktivitäten im Bereich der Fahrzeugautomatisierung. Zudem sind Google und die amerikanische IT-Industrie bei der Smartphoneintegration im Fahrzeug bereits heute ein Partner der (deutschen) Automobilindustrie.
- 2) Google kann als Dienstleister und Zulieferer der Automobilindustrie tätig werden.
- 3) Google kann als Anbieter oder technischer Betreiber von Verkehrsdienstleistungen tätig werden.

Das erstgenannte Szenario, welches sich bereits heute abzeichnen beginnt, betrifft vor allem die zusätzlichen Umsatzpotenziale, die durch HAF und die hierbei durchführbaren Nebentätigkeiten generiert werden. So wird es künftig darauf ankommen, welcher Akteur, also Fahrzeug- oder Diensteanbieter, in Zukunft die Hoheit über die Kundenschnittstelle und die zur Verfügung gestellten Inhalte erlangen wird. So haben Firmen wie Google und auch Apple eine gut ausgebaute Infrastruktur zur Bereitstellung von digitalen Inhalten auf mobilen Endgeräten während die Automobilhersteller bisher über die Konfiguration der Hardware entscheiden, welche Dienste sie ins Fahrzeug lassen. Wenn sich der Fahrer künftig nicht mehr ausschließlich der Fahraufgabe widmen muss, werden jedoch seine Ansprüche an die ihn umgebenden Entertainmentfunktionen steigen, was zur Folge hat, dass Automobilhersteller heute vor der Wahl stehen eigene attraktive Angebote für Zusatzdienste zu schaffen oder aber die dem Kunden vertrauten Schnittstellen zu App-Stores und Streamingdiensten übernehmen.

Für den zweiten Fall sind wiederum zwei (nicht überschneidungsfreie) Szenarien realistisch.

So könnte Google beispielsweise als Partner der Automobilindustrie auftreten und einerseits backend- bzw. cloudbasierte Datenverarbeitungs- und Filterungsdienstleistungen sowie Lokalisierungs- und Kartendienste anbieten und andererseits Umfeldmodelle und Algorithmen bereitstellen (Experteninterview Zulieferer 2).

Google ist Spezialist für Datenanalysen und daher auch im Bereich des automatisierten Fahrens vorrangig an den für die Umsetzung benötigten und durch die Fahrzeuge entstehenden Daten interessiert (Experteninterview IT-Branche 3). Der Backend- und Car2X-Markt ist für den IT-Konzern folglich der „Kernmarkt“ im Bereich des automatisierten Fahrens (Experteninterview IT-Branche 3). Zudem verfügt Google aus seinen bisherigen Geschäftsfeldern über gigantische Datenmengen und ist spezialisiert darauf, diese zu analysieren und für einen spezifischen Anwendungsfall nutzbar zu machen (Experteninterview Zulieferer 4). So wäre die Vermutung naheliegend, dass das Unternehmen mit seinen automatisierten Fahrzeugen riesige Datenmengen sammelt und Kompetenzen aufbaut, um diese nach Bedeutung, Verwertungsmöglichkeiten, Auswertungsaufwand und Verarbeitungsform zu kategorisieren und zu filtern, um später potenzielle Dienstleistungen wie Location-Based Services oder kontextabhängige Angebote von Nebentätigkeiten anzubieten (Experteninterview Zulieferer 2).

In diesem Szenario wäre es demnach zu erwarten, dass Google für die bereitgestellten Services weder von den Fahrzeugkunden noch von den Automobilherstellern monetär entlohnt wird, sondern stattdessen durch die Nutzung der Informationen Erlöse erzielt. Google würde somit „lediglich“ sein Basisgeschäftsmodell in den Automobilsektor übertragen (Experteninterview Branchenexperte 2).

Eine weitere Möglichkeit wäre, dass Google, vergleichbar mit den Aktivitäten in der Mobilfunkbranche, ein „Betriebssystem“ für automatisierte Fahrzeuge anbietet und hiermit in Konkurrenz zu großen Tier1-Zulieferern tritt. Ein solches Produkt wäre insbesondere für Follower-Unternehmen und kleinere Hersteller interessant, die derzeit keine großen F&E-Investitionen in automatisiertes Fahren tätigen können (Experteninterview Zulieferer 2). Dieser Fall hingegen könnte eine erhebliche Gefahr für die deutsche Automobilindustrie darstellen (Experteninterview Branchenexperte 1). Da der IT-Konzern sehr finanzstark ist und keinen unmittelbaren Return On Investment aus dem automatisierten Fahren erzielen muss, besteht auch in diesem Szenario die Gefahr, dass Google das Vorgehen aus dem Bereich der Navigation auf das automatisierte Fahren übertragen könnte. Dies würde bedeuten, dass das eigentliche technische System kostenlos bzw. zum Selbstkostenpreis zur Verfügung gestellt würde (Experteninterview Zulieferer 3), womit das automatisierte Fahren innerhalb kürzester Zeit auch für Massenhersteller realisierbar wäre, so dass Google sehr schnell hohe Marktanteile erhalten könnte. Gegen dieses Szenario spricht jedoch, dass Google dann

entweder ein Universalsystem anbieten müsste, welches mit der Varianz der Automobilindustrie inkompatibel wäre, oder einen erheblichen Aufwand betreiben müsste, um einen flexiblen Baukasten zu entwickeln, der in der Lage wäre, verschiedenen Bussysteme, Fahrzeuggrößen, Wetterbedingungen etc. abzudecken. Einerseits verfügt das Unternehmen über große Entwicklungskapazitäten und -ressourcen sowie die technische Basis im Bereich der Software, um ein solches Betriebssystem auf dem Markt anzubieten, andererseits ist es, aufgrund der fehlenden Erfahrung im Fahrzeugbau, jedoch fraglich, ob Google ein solches System inklusive der Systemintegration und Absicherung der Funktionen tatsächlich bereitstellen könnte (Experteninterview Branchenexperte 1). Aus diesen Gründen ist ein solches Szenario als eher unwahrscheinlich zu bewerten (Experteninterview Zulieferer 3). Somit ist eher eine Partnerschaft zwischen Google und Systemzulieferern mit entsprechender Integrationskompetenz denkbar, welche für Letztere möglicherweise vorteilhaft wäre, da ein erhebliches Stückzahlenpotenzial erschlossen werden könnte (Experteninterview Branchenexperte 1).

Google könnte schließlich zu einem Anbieter oder technischen Betreiber von Verkehrsdienstleistungen werden (3). Dies könnte evtl. zunächst in Nischen wie der Innenstadtlogistik und später im Personenverkehr grundsätzlich zum Paradigmenwechsel führen (Experteninterview Zulieferer 1). Die denkbaren Anwendungsfälle sind vielfältig und reichen von City-Logistik-Lieferservices bis zum Personentransport auf Veranstaltungen. Für dieses Szenario spricht die Investition in den Taxi-Dienst Uber, der eine Vermittlungsplattform von Fahrdienstleistungen (Chauffeur-Service) betreibt. Zudem gibt es Presseberichte, die besagen, dass Google sogar ein Konkurrenzangebot zu Uber entwickelt. Auch hierbei wäre es wahrscheinlich, dass ein solches Mobilitätssystem nicht auf dem klassischen Geschäftsmodell der Automobilindustrie basiert, bei der die in Privatbesitz befindlichen Fahrzeuge vom Endkunden gekauft bzw. dauerhaft finanziert werden, sondern ein System an der Schnittstelle zwischen MIV und ÖPNV entsteht, mit dem Nutzer auf Abruf individuelle Fahrten in einem abgrenzbaren, aber beliebig großen Gebiet, durchführen könnten. Angesichts der externen Kosten, die der MIV im urbanen Raum der globalen Großstädte verursacht und der zunehmenden Tendenz von Kommunen und Stadtverwaltungen, dieses Problem auch mit restriktiven Maßnahmen zu lösen, wäre auch dieses Szenario auf lange Sicht, sofern technisch lösbar, als realistischer Anwendungsfall zu bewerten. Bereits heute ist die Tendenz zum abnehmenden Autobesitz in Großstädten zu beobachten, die durch eine Kombination des ÖPNV mit kleinen, fahrerlosen Last-Mile-Fahrzeugen sicherlich verstärkt werden würde. Da die Fahrzeuge von Google bereits im Mischerverkehr getestet werden und nun neben Mountain View mit Austin, Texas, bereits das zweite Testfeld erschließen, wäre ein solches Modell durchaus denkbar. Zumal seitens der Städte scheinbar keine allzu großen Investitionen oder infrastrukturelle Maßnahmen (wie abgetrennte Fahrspuren o.ä.) getätigt werden müssen.

7.6.2 Technische Gestaltung des Google-Systems

Das Kernelement des Google Self Driving Cars ist der vom Unternehmen entwickelte „Auto-Pilot“, also das Betriebssystem des Fahrzeugs welches die Sensordatenfusion durchführt. Die sonstigen konventionellen Automobilkomponenten werden hingegen von Zulieferern aus der Automobilbranche bezogen, zu denen unter anderem auch die Lieferanten Bosch und Continental gehören (Berylls 2015). Die verwendete Technik ist seit Beginn der Versuchsfahrten Use-Case-übergreifend (Autobahn, Pendelverkehr, Stadtverkehr) stets die gleiche geblieben (Experteninterview Hersteller 1).

Technisch basiert die Lösung von Google, wie bei den Automobilherstellern auch, auf einer Reihe von Radar- und Kamerasystemen sowie auf der Nutzung von GPS-Signalen für die globale Ortung. Die Besonderheit des Google-Cars ist jedoch die Nutzung eines

64-Strahlen-Laserscanners mit dem ein sehr genaues 3-D Bild der Fahrzeugumwelt generiert werden kann (Experteninterview Zulieferer 1). Für Google ist weiterhin das Kartenmaterial von entscheidender Bedeutung, da tagesaktuelle 3D-Karten mit einer Auflösungsgenauigkeit von 10 cm verwendet werden (Vollmer 2014, S. 64). Mit dieser präzisen Darstellung lässt sich beispielsweise die Höhe von Ampeln bestimmen (Experteninterview IT-Branche 2), was laut Aussage von Daimler eines der zentralen Probleme bei der Durchführung von Testfahrten im urbanen Raum darstellt (Herrtwich 2013). Zudem nutzt Google das Kartenmaterial auch zur Eigenlokalisierung. Im hochpräzisen und laufend aktualisierten Kartenmaterial sind Landmarken verzeichnet, an denen sich das Fahrzeug orientiert (Experteninterview Hersteller 1). Hierfür wird das jeweilige Gebiet, in dem die Google-Fahrzeuge später Fahrten absolvieren sollen, im Vorfeld mit Kartierungsfahrzeugen abgefahren, die mittels spezieller Kamerasensorik ein präzises Abbild des Territoriums erstellen. Dieses „Grundgerüst“ der Karte wird dann im folgenden Testlauf von den einzelnen Fahrzeugen stetig aktualisiert und mit Echtzeitinformationen über spontan auftretende Hindernisse, Baustellen oder Verkehrsstaus versorgt, so dass das Prinzip der „lernenden Karte“ mittels Floating Car Data bei Google bereits Anwendung findet (Experteninterview IT-Branche 2).

Nichtsdestotrotz ist das Google Self-Driving-Car momentan mehr als Technologiedemonstrator zu klassifizieren, welcher von der technischen Reife eines Serienfahrzeugs noch einige Entwicklungsschritte entfernt ist (Kotagiri 2014; Experteninterview Branchenexperte 1). So ist insbesondere der verwendete Laserscanner, der auf dem Dach des Fahrzeugs montiert ist, bisher weder hinsichtlich der Robustheit noch hinsichtlich der anfallenden Stückkosten serientauglich. Jedoch wird auf dem Gebiet der Laserscanner eine zügige technische Weiterentwicklung und Kostensenkung erwartet, wofür die Kooperation des Zulieferers Valeo mit dem Laser-Spezialisten Ibeo ein erstes Indiz ist (Experteninterview Zulieferer 2). Weitere Herausforderungen liegen für Google, ähnlich wie für die Automobilhersteller auch, in der Entwicklung der Machine-Learning-Algorithmen für die Trajektorieplanung, also in der Situationsinterpretation, Entscheidungsfindung und Manöverplanung (Keane 2013, Trimble et al. 2014, S. 73). Dass auch Google an die selben technischen Grenzen stößt wie die Automobilindustrie, zeigt beispielsweise der Umstand, dass bei den hochautomatisierten Testfahrten auf Autobahnen keine Spurwechsel zum Funktionsumfang gehörten und auch die heutige Sensorik im urbanen Raum noch nicht zwischen leichten und massiven Hindernissen unterscheiden kann („Plastiktüte oder verlorene Ladung?“). Auch die Erkennung von Ampelsignalen funktioniert bis heute nicht uneingeschränkt, sondern weist unter ungünstigen Lichtverhältnissen Fehlfunktionen auf. Schließlich gibt es auch ganze Szenarien, deren Manöver mit der aktuellen Sensorik des Self-Driving-Car nicht abbildbar sind²²² (Gomes 2014). Auch die für „konventionelle“ HAF-Fahrzeuge beschriebenen Einschränkungen durch umgebende Wetterbedingungen schränken die Funktionsfähigkeit des Google-Cars ein. So wurde die Technologie bisher nur unter optimalen Witterungsverhältnissen demonstriert, da das System bei starkem Regen oder schneebedeckter Straße noch nicht zufriedenstellend funktioniert (Trimble et al. 2014, S.71). Schließlich stellt auch der hohe Energieverbrauch des Auto-Piloten eine Einschränkung des Fahrzeugs dar. So verfügt es weder über Klimaanlage noch über eine Heizung, da bei der Umsetzung des Prototypen in erster Linie auf die Optimierung der automatisierten Fahrfunktion gelegt wurde, die einen nicht zu vernachlässigenden Energiebedarf besitzt, was in einem Elektrofahrzeug Einschränkungen an anderer Stelle nach sich zieht (Experteninterview IT-Branche 3).

²²² Ein Beispiel ist das Linksabbiegen an einer größeren Kreuzung in einem Fahrzeugstrom mit durchgängiger Beschleunigung.

Zusammenfassend kann demnach festgestellt werden, dass Google eine fortschrittliche Technik einsetzt und gerade im Bereich der lernenden präzisen Karte eine wichtige Kernkompetenz besitzt, die in Zukunft große Bedeutung erlangen wird. Zudem ermöglicht die kapitalintensive Strategie des sofortigen Pilotierens von Forschungsprojekten das Sammeln von wichtigen Erfahrungen in großem Maßstab, die auf dem Prüfstand oder mittels einzelner Konzeptfahrzeuge nicht in diesem Umfang gemacht werden können. Das Unternehmen könnte demnach gerade im urbanen Raum einen Wissensvorsprung gegenüber den Automobilherstellern gewinnen. Ob dies zu einer dominanten Position Googles in der künftigen Wertschöpfungskette für automatisiertes Fahren führt, hängt nicht zuletzt vom Umgang der Automobilhersteller mit dem Thema des autonomen Fahrens im urbanen Raum in den kommenden Jahren ab.

7.6.3 Fazit: Google als Disruptor der Automobilindustrie?

Entgegen der vorherrschenden öffentlichen Wahrnehmung und der Darstellung vieler Medien ist das IT-Unternehmen Google der deutschen Automobilindustrie derzeit technisch und in Bezug auf eine Umsetzung des automatisierten Fahrens in Serienfahrzeugen in der nahen Zukunft nicht überlegen. So zeigte auch Daimler mit der 2013 durchgeführten Bertha-Benz-Fahrt, dass auch die Automobilhersteller -einen gewissen technischen und finanziellen Aufwand vorausgesetzt- in der Lage sind, automatisiertes Fahren im urbanen Umfeld mit komplexen Umwelteinflüssen und einem Minimum an Fahrerbeteiligung umzusetzen. Entgegen der technischen Lösung von Google betonte der Daimler-Konzern jedoch stets, dass die Forschungsfahrt von Mannheim nach Pforzheim ausschließlich mit „seriennaher“ Technik absolviert wurde, wobei auch hier das vorherige Abfahren der Strecke mit speziellen Kameras zur Vorbereitung gehörte.

In verschiedener Weise ist der Ansatz von Googles jedoch typisch für disruptive Innovationen. Hierzu gehört, dass die geeigneten Anwendungen der Technologie explorativ und scheinbar ohne vorher definiertes Geschäftsmodell mit zunehmendem Funktionsumfang erschlossen werden. Obwohl derzeit noch nicht abzusehen ist, für welchen Use-Case und mit welchem Einfluss Googles Forschungs- und Testanstrengungen eines Tages zu einem marktfähigen Produkt heranreifen werden, sollte der Google-Ansatz keinesfalls als reine Nischenlösung abgetan werden. Langfristig hat das Projekt des Unternehmens nämlich durchaus das Potenzial auf Gesamtverkehrsebene (vor allem im Nahbereich), und damit weit über Automotive-Kategorien hinaus, wirksam zu werden.

Welche tiefgreifenden Einflüsse ein einzelner Akteur wie Google auf ganze Märkte haben kann, zeigt beispielsweise der Markt für Navigationsgeräte: So sorgte Google mit einer gänzlich anderen Herangehensweise hinsichtlich des Geschäftsmodells für enorme Verluste bei etablierten Hersteller von Navigationsgeräten und Kartenmaterial. Tom Tom und Garmin verzeichneten zwei Jahre nach der Einführung von kostenlosen Navigations-Apps einen Rückgang ihres Börsenwertes von 70 beziehungsweise 85%, weshalb man an dieser Stelle durchaus von einem disruptiven Ansatz sprechen kann. Im Gegensatz zu Navigationsdiensten, die hauptsächlich softwarebasiert sind und seit längerem zum Kerngeschäft von Google gehören, stellt die Produktion eines Fahrzeugs, bei der es auch sehr stark auf Hardware-Kompetenz und Systemintegration ankommt, einen IT-Konzern jedoch vor größere Herausforderungen. So zeigte die Veröffentlichung von Lieferantenbeziehungen für die Produktion des Google-Self-Driving-Cars, dass das Produkt eine gemeinschaftliche Entwicklung vieler Unternehmen aus der traditionellen Automobilbranche ist und auch maßgeblich auf Komponenten

und Systemen deutscher Zulieferer basiert²²³ (Wirtschaftswoche 2015). Auch für die Zukunft sind Entwicklungskooperationen mit deutschen und japanischen Zulieferern im Gespräch (Experteninterview IT-Branche 3). Aus den für das vorliegende Gutachten geführten Gesprächen ist außerdem positiv anzumerken, dass Google von deutschen Zulieferunternehmen zwar als Kunde (ein)geschätzt, aber gleichzeitig als potenzieller Konkurrent nicht unterschätzt wird (Experteninterview Zulieferer 5).

Wie im vorangegangenen Kapitel gezeigt, liegen die technischen Stärken von Google in erster Linie bei der Bereitstellung des präzisen und aktuellen Kartenmaterials aus der Cloud sowie der Programmierung von Algorithmen im Bereich maschinelles Lernen und künstlicher Intelligenz. Weiterhin verfügt Google aus den bisherigen Aktivitäten über eine bedeutende Vormachtstellung im Bereich der Internetsuche und damit über eine Masse von Daten, die – wie am Beispiel von Navigationsdienstleistungen gezeigt – per intelligenter, nutzerindividueller Auswertung für die Disruption von Geschäftsmodellen anderer Akteure genutzt werden können.

Ein weiterer bedeutender Vorteil von Google sind zudem die großen finanziellen Ressourcen, da Unternehmen der Automobilindustrie laut eigener Einschätzung nicht über die Möglichkeit verfügen, derartige Summen explorativ in die Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen zu investieren (Experteninterview Zulieferer 5). Indessen ist Google an der Ausweitung seiner Feldtests interessiert und bereits auf der Suche nach Anwendungsfeldern, wobei jedoch idealtypische Wetterbedingungen gegeben sein müssen (Experteninterview IT-Branche 3). So wurde beispielsweise bereits über die Durchführung weiterer Testfahrten in Singapur nachgedacht, da der Staat über gute äußere Voraussetzungen verfüge (Experteninterview IT-Branche 3). Derzeit besteht demnach hauptsächlich die „Gefahr“, dass sich Google als großer Cloud- und Kartenanbieter positioniert und die Unternehmen der Automobilindustrie in eine Abhängigkeitsbeziehung geraten. So gibt es neben Google, Apple und IBM kein deutsches Unternehmen, welches im Bereich der weltweiten Cloud-Infrastruktur mit den Kapazitäten amerikanischer IT-Unternehmen mithalten könnte (Experteninterview IT-Branche 1, Hersteller 2). Da in Zukunft zunehmende Wertschöpfungsanteile im Automobilssektor mit Hilfe von Cloud-Lösungen erbracht werden, gilt es die Wettbewerbsposition und die Aktivitäten der deutschen Industrie in diesem Bereich kontinuierlich zu beobachten.

Weiterhin sollten die globalen Projekte, die von Google, aber auch von anderen Akteuren, durchgeführt werden, stetig (auch unter industriepolitischen Gesichtspunkten) beobachtet und evaluiert werden. Auch wenn der „Leidensdruck“ deutscher Großstädte noch nicht ausreichend zu sein scheint, Verkehrs- und Emissionsprobleme mit revolutionären Lösungen anzugehen und daher bei deutschen Zulieferern und Herstellern wenig Nachfrage deutscher Kommunen nach entsprechenden Feldversuchen geäußert wird, so sollten, parallel zur Entwicklung des HAF auf Autobahnen, auch Projekte mit öffentlicher Beteiligung im urbanen Raum und mit autonomen/fahrerlosen Fahrzeugen durchgeführt werden.

²²³ An Googles „Self-Driving Car Project“ sind eine Reihe deutscher Zulieferunternehmen beteiligt. Hierzu zählt neben Bosch (Elektromotor, Leistungselektronik und Fernbereichs-Radarsensor), Continental (Reifen und Elektronik), ZF Lenksysteme (Lenksysteme) auch Frimo (Design, Ausrüstung, Werkzeuge und Prozesse). Die Informationen gehen aus einem Interview der Detroit Free Press mit dem Projektleiter Urmson hervor (Wirtschaftswoche 2015).

7.7 Exkurs: Nokia Here – Industriepolitische Implikationen der Akquisition

Den digitalen Karten wird eine Schlüsselrolle bei der digitalen Transformation der Mobilität zugesprochen. Sie sind das Fundament für standortbasierte Services, welche ein stetig wachsendes Marktpotential besitzen. Außerdem sind viele Car2X-Anwendungen nur mit präzisiertem Kartenmaterial funktionsfähig, denn häufig ist es notwendig, dass Fahrzeuge ihre genaue Position im Kontext des Verkehrsraumes mitteilen können. So macht es beispielsweise einen großen Unterschied, ob sich ein liegengebliebenes Fahrzeug auf dem Standstreifen oder auf der Überholspur befindet. Vor allem aber besitzt das detaillierte Kartenmaterial eine bedeutende Rolle für das automatisierte Fahren, da es dem Fahrzeug wichtige Informationen über den Fahrbahnverlauf bereitstellt und damit die Planung von Fahrmanövern erleichtert und außerdem für die präzise Eigenlokalisierung mit der Umfeldsensorik des Fahrzeugs von hoher Bedeutung ist.

Mit der Kooperation der deutschen Automobilhersteller Daimler, BMW und Audi bei der Akquisition des Kartendienstes Nokia Here und der Zusammenarbeit von TomTom und Bosch besteht eine gute Ausgangssituation, um ein zukünftiges Abhängigkeitsrisiko von branchenfremden Unternehmen und die Gefahr einer „Aushebelung“ der Wertschöpfung der deutschen Automobilhersteller durch Akteure anderer Industrien zu entschärfen. Die industriepolitische Bedeutsamkeit der Akquisition ist daher unbestritten und die Kooperation der drei Hersteller ein mögliches Signal für eine Allianz gegenüber IT-Unternehmen aus dem Silicon Valley. Eines der Hauptinteressen der Branchenfremden kann dabei in den Daten gesehen werden, von denen im Zuge der Vernetzung und Automatisierung der Fahrzeuge immer mehr, mit immer besserer Qualität und Aussagekraft anfallen werden. Insbesondere das Unternehmen Google gilt bezüglich digitaler Karten als ein potenzieller Wettbewerber.

Außer dem hochaufgelösten Kartenmaterial selbst, welches von Nokia Here mit speziellen Messfahrzeugen kartographiert wird, ist ein weiterer Aspekt möglicherweise noch bedeutender: Nämlich das Ziel, in Zukunft Echtzeitinformationen, welche von der Sensorik der Fahrzeuge aufgezeichnet werden, zu aggregieren und nach Auswertung in einem Backend (bzw. der Cloud) nützliche Informationen an die Fahrzeuge zurückzuführen. Dies kann als die dynamische Ebene des Kartenmaterials betrachtet werden. Während die statische Ebene einen offenen Marktzutritt garantiert, weil öffentliche Straßen jedem gleichermaßen zugänglich sind und die Zutrittsbarriere eher technologischer Natur ist (Messfahrzeuge mit komplexer Sensorik und Software zur Verarbeitung der Datenmengen), sind für die dynamische Ebene andere Marktbedingungen gegeben. Dieses spezialisierte Know-How ist sehr relevant und nur in wenigen Unternehmen vorhanden. Da automatisierte Fahrzeuge eine hochaktuelle Karte benötigen und die Fahrzeughersteller für die Streckenfreigabe der Funktion ebenfalls hochaktuelle und-präzise Informationen über die Verkehrslage benötigen, liegt eine Kooperation in Form der Akquise von HERE nahe.

Ausgangssituation

Die drei Käuferunternehmen haben angekündigt, dass sich keines von ihnen direkt in das operative Geschäft von Here einzumischen gedenke. Im Juni 2015 hat Here einen Vorschlag für einen Standard zur Schnittstellenspezifikation von Sensordaten an die Automobilindustrie herausgegeben und im August 2015 trafen sich auf Einladung von Here 16 internationale Vertreter der Automobilbranche, unter ihnen auch andere Kartendienstleister, um industrieweite Standards voranzubringen. Von Here wird nach außen bereits deutlich signalisiert, dass man sich auf eine offene Plattform verständigen möchte. Auch vonseiten der Käuferunternehmen heißt es, dass man zum Ziel habe, „die Unabhängigkeit dieses zentralen Angebots für alle Hersteller und Zulieferer sowie

für Kunden aus weiteren Branchen zu sichern“, so Dieter Zetsche, Vorstandsvorsitzender der Daimler AG (Zetsche 2015).

Der anstehenden kartellrechtlichen Prüfung kann an dieser Stelle nicht vorgegriffen werden. Konstatiert werden kann allerdings, dass sich Here im vorwettbewerblichen Raum bewegen muss und anderen interessierten Nutzern das Angebot zu vertretbaren Bedingungen zur Verfügung stellen muss.

Here ist zudem nicht konkurrenzlos. Volkswagen und Bosch arbeiten eng mit dem Konkurrenzunternehmen TomTom zusammen. „Bis Ende 2015 wollen wir neue, hochgenaue Karten von allen Autobahnen und autobahnähnlichen Straßen in Deutschland für das automatisierte Fahren haben“, kündigte Jan Maarten de Vries an, Vice-President Automotive von Tomtom (De Vries 2015).

Aus industriepolitischer Sicht sind folgende positive und negative Szenarien denkbar:

Best-Case-Szenarien:

Fortführung der bisherigen Handlungsweise, d.h.

- Kooperation mit allen Branchenteilnehmern (Hersteller, Zulieferer und Kartendienstleister)
- Schaffung einer offenen Plattform
- Einheitliche Standards, z.B. Schnittstellenspezifikation für Sensordaten (Creative Common License)

Vorteile / Chancen:

- Netzwerkeffekte durch mehr Teilnehmer (Unternehmen und Fahrzeuge) --> breitere Datenbasis --> höhere Qualität und Aktualität der extrahierten nutzbaren Informationen --> Frühere Warnung vor Gefahren (Stauende, Unfallfahrzeug) & effektivere Steigerung der Verkehrseffizienz (Stauvermeidung und schnellere Parkplatzzuweisung durch adaptives Routing)
- Kosteneinsparung bei den Unternehmen durch einheitliche technische Spezifikationen.
- Möglichkeit, durch ein frühzeitiges und abgestimmtes Setzen von Standards (z.B. Schnittstellenspezifikation für eingehende Sensordaten, Kommunikationsprotokolle), eine gute Marktposition zu sichern und Größenvorteile zu erzielen.
- Allianz gegen Konkurrenzsysteme, ggf. aus dem Silicon Valley --> Vermeidung von möglichen Abhängigkeiten bezüglich Lizenzgebühren und Datenweitergabe; die Allianz ermöglicht auch eine abgestimmte „Gegenstrategie“, falls ein finanzstarker, branchenfremder Akteur kostenloses Kartenmaterial anbieten sollte.

Gewinner:

- Autofahrer – durch bessere Funktionalität der Services und erhöhte Sicherheit
- Automobilindustrie – durch Kosteneinsparungen wegen universeller Spezifikation
- Unternehmen, welche selbst Kartendienstleistungen anbieten – durch offenen Marktzugang
- Staat(en) – durch Gewinn an Sicherheit im Verkehr und reduzierte Verkehrsüberlastung und Emissionen

Worst-Case-Szenarien

Risiken:

- Innovationshemmnisse für Konkurrenzunternehmen, speziell für KMU und Start-ups, da Here eine Marktbeherrschung erreicht.

- Here nutzt seine hohe Marktdurchdringung und die durch Netzeffekte entstandene marktbeherrschende Stellung aus und verlangt unangemessene Entgelte für den Service.
- Here erlaubt keine Trennung von Verkehrsdatenservice und stationärer Karte. D.h. Automobilhersteller, welche am Verkehrsdatenservice teilhaben wollen, müssen auch für ihre Navigationsdienste zu Here wechseln.
- Investitionshemmnisse bei einzelnen Akteuren verhindern eine kundenfreundliche Bereitstellung des Systemguts „dynamisches Kartenmaterial“.

Fazit und Handlungsempfehlungen:

- Industriepolitisch ist der Kauf von Here als Risikovermeidungsstrategie zu interpretieren und prima facie als positiv zu bewerten.
- Der deutschen Industrie bietet sich die Chance, sich als führender Anbieter im Bereich der digitalen Karten für automatisiertes Fahren zu etablieren.
- „Sicherheitsrelevante Daten“ müssen kategorisiert und definiert werden. Diese sollten einen offenen Standard erhalten.
- Die Politik muss überwachen, ob es in Deutschland Barrieren bei der Bereitstellung des Systemguts „Dynamisches Kartenmaterial für HAF“ gibt (z.B. mobilfunknetzseitig) und sicherstellen, dass das Systemgut unter Minderung von Transaktionskosten, in Deutschland bereitgestellt wird und hierzu in den Dialog mit den Beteiligten eintreten.²²⁴

7.8 Zusammenfassung und zentrale Schlussfolgerungen der Markt- und Wertschöpfungsanalyse

Anhand der Analysen zu Markt- und Wertschöpfung und der volkswirtschaftlichen Potenziale des (hoch-)automatisierten Fahrens werden im Folgenden die industriepolitische Relevanz und die ökonomischen Potenziale bewertet. Anschließend werden die in den vorangegangenen Kapiteln durchgeführten Analysen zu einer integrierten Übersicht der Stärken und Schwächen der deutschen Automobilindustrie und des Standorts Deutschlands getrennt nach den strategischen Zielsetzungen „Erreichung der Leitanieterschaft“ und „Etablierung des Leitmarktes“ verdichtet. Dabei werden die technische Wettbewerbsfähigkeit (Kapitel 3), die wirtschaftliche Ausgangsposition der deutschen Automobilindustrie (Kapitel 4), die politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen (Kapitel 5 und 6) sowie die spezifischen Standortbedingungen in Deutschland (Kapitel 7) zusammengefasst. Dies bildet die Grundlage für die industriepolitischen Handlungsempfehlungen in Kapitel 9.

7.8.1 Industriepolitische Relevanz des (hoch-)automatisierten Fahrens

Die Gesamtbeschäftigung der Automobilindustrie am Standort Deutschland ist in den letzten Jahren sehr stabil und konnte im Jahr 2014 sogar deutlich ausgebaut werden (+18.900). Um den hohen Wertschöpfungsbeitrag und Beschäftigungsanteil zu halten, ist es erforderlich auch bei den anstehenden Technologiewandeln (insbesondere

²²⁴ In „Organisations- und Betreibermodelle für Verkehrstelematikangebote – Untersuchungsansatz sowie beispielhafte Analyse von Verkehrsinformationsdiensten“ analysieren Beckers, Gizzi und Jäkel (2010) den Koordinationsbedarf durch die öffentliche Hand für die Bereitstellung des Systemguts „Dynamische Routenführung“. Dabei wird ein Ansatz aus der Institutionenökonomik verfolgt, der sich auf die Reduktion von Koordinationsproblemen in Form hoher Transaktionskosten bei der Bereitstellung eines Systemguts konzentriert. (Beckers/Gizzi/Jäkel 2010, S. 1) Es lassen sich einige der Handlungsempfehlungen auf die Situation bei der Bereitstellung der digitalen Karten für HAF übertragen.

Elektromobilität, Vernetzung und automatisiertes Fahren) zu den Leit Anbietern und Technologieführern zu zählen. Folgende Argumente sprechen für eine besondere industriepolitische Relevanz des (hoch-)automatisierten Fahrens:

(Hoch-)automatisiertes Fahren bietet mittel- bis langfristig sehr hohe Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale (vgl. Kap. 7.1 / 7.2)

Wie im vorliegenden Gutachten aufgezeigt, gehen mit der Weiterentwicklung und dem Markthochlauf des HAF erhebliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale einher. Automatisiertes Fahren wird einen immer signifikanteren Teil der Wertschöpfung einnehmen. Zwar läuft der Markt für HAF bis zum Jahr 2020 erst langsam an, zwischen 2020 und 2025 wird dann jedoch ein erhebliches Wachstum der Stückzahlen erwartet. Im Jahr 2020 werden ADAS und HAF in der Automobilindustrie am Standort Deutschland insgesamt eine Wertschöpfung in Höhe von 2,3 Mrd. generieren. Damit gehen über 20.000 Beschäftigte in der Automobilindustrie einher. Bis zum Jahr 2025 wächst die erwartete Wertschöpfung bei gleichbleibenden Marktanteilen auf knapp 8,8 Mrd. Euro, womit ca. 70.000 Beschäftigte in der Automobilindustrie einhergehen. Es ist zu erwarten, dass die Bedeutung der Fahrzeugautomatisierung und Beschäftigung auch nach 2025 weiter zunehmen wird. Goldman Sachs prognostiziert zwischen 2025 und 2050 eine weitere Steigerung des Marktvolumens auf über das Dreifache (Goldman Sachs 2015).

(Hoch-)automatisiertes Fahren ist High-Tech-Wertschöpfung und damit für den Hochlohnstandort Deutschland besonders relevant

In den nächsten Jahren wird eine weitere Internationalisierung der deutschen Automobilindustrie erwartet, so dass auch bei Zulieferern zunehmend mit einer Verlagerung von Leitwerken und Entwicklungsstandorten ins Ausland gerechnet wird. Für das Jahr 2020 wird erwartet, dass ca. 60 % der Gesamtproduktionskapazitäten wichtiger Automobilzulieferunternehmen alleine in Schwellenländern angesiedelt sein werden (BCG / IPA 2014). Damit geht einher, dass die Automobilindustrie am Standort Deutschland in den nächsten Jahren in noch höherem Maße als bisher mit der Herausforderung konfrontiert sein wird, anspruchsvolle Wertschöpfungsprozesse, die eine hohe Produktivität voraussetzen, am Standort zu halten bzw. aufzubauen, um die Gesamtbeschäftigung auf hohem Niveau halten zu können. Deutschland liegt bei den Arbeitskosten im verarbeitenden Gewerbe an 6. Stelle von 45 verglichenen Ländern (Schröder 2014). Insbesondere liegt Deutschland deutlich vor den USA, Japan und China, die innerhalb dieses Gutachtens als Wettbewerber in Bezug auf HAF mit Deutschland verglichen wurden. Die Automobilindustrie am „Hochlohnstandort“ Deutschland ist somit darauf angewiesen, Wertschöpfungssegmente mit hoher BWS pro Beschäftigten zu besetzen. Die Leistungserstellung für (hoch-)automatisiertes Fahren ist sehr anspruchsvoll, u.a. weil für wesentliche Wertschöpfungsprozesse Kompetenzen benötigt werden, die sehr knapp sind (Big Data-Analysen, Design von Systemarchitekturen für die Sensordatenfusion, Integration komplexer Subsysteme ins Fahrzeug etc.). Diese Wertschöpfungsprozesse mit hohem Anteil knapper Kompetenzen müssen auch künftig in hohem Maße in Deutschland stattfinden, um das Lohnniveau und Beschäftigungsniveau weiterhin hoch halten zu können. Dementsprechend ist es für den Automobilindustrie-Hochlohnstandort Deutschland in besonderem Maße bedeutsam im Markt für (Hoch-)Automatisiertes Fahren die Rolle als Technologieführer einzunehmen.

(Hoch-)Automatisiertes Fahren hat größeres Transformationspotenzial als die Elektromobilität (vgl. 7.4 / 7.5)

Ein Quervergleich der erwarteten Entwicklungen im Bereich des (Hoch-)automatisierten Fahrens mit der Elektromobilität verdeutlicht die industriepolitische Bedeutung und Dringlichkeit des (Hoch-)automatisierten Fahrens. Zwar gehen beide Technologietrends mit erheblichen Umsatz-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzialen und –risiken

einher. Jedoch ist der Trend der Fahrzeugautomatisierung wirkungsmächtiger und die Umwälzung erfolgt schneller. Hierfür sprechen folgende Gründe:

- Der Hochlauf der Stückzahlen erfolgt bei HAF sehr viel schneller als bei Elektrofahrzeugen. Während im Jahr 2025 (7 Jahren nach der Einführung) ca. 6 Millionen Neufahrzeuge mit HAF ausgestattet sein werden, beträgt der Elektrofahrzeugbestand heute (ca. 5 Jahre nach der aktuellen Markteinführungsphase) nur ca. 0,74 Mio. (ZSW 2015).²²⁵
- Automatisiertes Fahren, speziell autonomes Fahren, erfüllt einige Merkmale disruptiver Technologien und hat das Potenzial zu einer disruptiven Innovation (vgl. Kap. 7.6). Elektromobilität weist dieses Potenzial nicht auf, da Elektrofahrzeuge über keine neue Funktionalität verfügen, die aus Kundensicht als signifikanter Mehrwert im Sinne disruptiver Technologien wahrgenommen wird (Experteninterview Zulieferer 7, Cacilo 2014).
- An den Geschäftsmodellen der Automobilindustrie wird sich durch automatisiertes Fahren zwar zunächst trotz der Anteilsteigerungen in den Bereichen Elektronik, Software und Kartenservices nur wenig Grundsätzliches ändern. Mit autonomen Fahrzeugen allerdings sind völlig neue Mobilitätsdienstleistungen und Mobilitätssysteme denkbar. Elektromobilität weist kein vergleichbar transformatives Potenzial für das Verkehrssystem auf.
- Bei HAF bestehen für Deutschland gute Chancen Leitmarkt zu werden – bei der Elektromobilität ist dies derzeit völlig unrealistisch, da insbesondere Norwegen, USA und die Niederlande deutlich höhere Anteile an den Neuzulassungen aufweisen – und zudem ambitioniertere Ziele haben

Es bestehen Chancen in der Übertragung von Technologie-Know-how in andere Branchen

Neben den Umsatz- und Beschäftigungspotenzialen im Bereich HAF ergeben sich durch den Aufbau von Technologie Know-how Chancen in der Übertragung dieses Know-hows auf andere Industriezweige (vgl. Kap. 4.5.5). Während die Automatisierung von Fahrzeugen Markteintrittschancen für neue Wettbewerber aus anderen Industriezweigen ermöglicht, bietet sich andersherum auch die Chance für Unternehmen der Automobilindustrie, die im Zuge der HAF-Einführung aufgebauten Kompetenzen (bspw. die Bereitstellung von Kartenmaterial) auf andere Märkte zu übertragen. Somit könnten den Entwicklungsaufwänden der Industrie größere Umsatzpotenziale gegenübergestellt und eine höhere Erfolgsaussicht und Attraktivität der zu tätigenen F&E-Anstrengungen erzielt werden.

Es bestehen Chancen zur Steigerung der deutschen Wertschöpfung in der Vorleistungskette der Automobilindustrie

Bei der Potenzialbewertung von HAF ist hervorzuheben, dass Wertschöpfungschancen nicht nur für die traditionelle Automobilindustrie entstehen, sondern sich auch erhebliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale für andere Industriezweige erschließen lassen. Exemplarisch hierfür ist die Mikroelektronik-Branche. Wie in den Wertanteilen sowohl von ADAS als auch von HAF zum Ausdruck kommt, nimmt die Hardware in Form von Steuergeräten / Prozessoren einen nicht zu unterschätzenden Wertanteil in Höhe von ca. 30 % ein.²²⁶ Dieser Wertanteil ist größtenteils dem Bereich

²²⁵ Damit sind nicht nur rein batterieelektrische Fahrzeuge gemeint, sondern auch Plug-In-Hybride und Fahrzeuge mit Range-Extender.

²²⁶ Vgl. Berechnungen in Kapitel 7.1 und 7.2

der Halbleiterindustrie zuzuordnen. Der Halbleitermarkt wird von US-amerikanischen Unternehmen dominiert, die einen Marktanteil von über 50 % aufweisen (IC Insights 2015). Dennoch liegen grundsätzlich erhebliche Chancen auch für die deutsche Halbleiterindustrie in den Bereichen ADAS / HAF. Die deutsche Halbleiterindustrie hat die Phase einer mehrjährigen Krise durchschritten und liegt mittlerweile hinsichtlich des Umsatzes wieder über dem Vorkrisenniveau. Das größte Marktsegment der deutschen Halbleiterindustrie ist bereits heute die Automobilelektronik, die im Jahr 2014 einen Umsatzanteil in Höhe von ca. 43 % hatte und zudem das am stärksten wachsenden Marktsegment ist (ZVEI 2014). Dies ist ein Spezifikum der deutschen Halbleiterindustrie. Global ist der Bereich Automotive für die Halbleiterindustrie nach wie vor nur ein kleines Marktsegment mit einem Umsatzanteil von ca. 10% (PWC 2014). Die deutsche Halbleiterindustrie ist damit in einer guten Ausgangssituation, um vom sehr stark wachsenden Markt zu profitieren. Derzeit deutet sich in der Automobilindustrie das Problem an, dass zunehmend Komponenten aus dem Bereich der Consumer-Elektronik in Automobilen verbaut werden, obwohl sie nicht für den Fahrzeugbau und die damit verbundenen Anforderungen (z.B. thermische Belastungen) spezifiziert wurden (Lehmann 2014). Hieraus ergibt sich einerseits eine Herausforderung für die Automobilindustrie insgesamt, andererseits entstehen spezifische Chancen für den Standort Deutschland im Bereich der Mikroelektronikindustrie. Die Bedingungen der Zuliefercluster und -netzwerke ermöglichen der am Standort Deutschland ansässigen Mikroelektronikindustrie ggf. Vorteile gegenüber Wettbewerbern aus dem Ausland bei der Etablierung automotive-spezifischer Lösungen. Auf der IAA 2015 wurden bereits vielversprechende Lösungen unter Beteiligung der deutschen Halbleiterindustrie vorgestellt.²²⁷

Es bestehen Chancen zur Ausschöpfung von Verbundvorteilen durch integrierte Produktentwicklung / Produktion

Bedingt durch den hohen Entwicklungsanteil bei der Leistungserstellung von HAF-Systemen verschiebt sich die Gewichtung von Entwicklungs- und Produktionstätigkeiten zugunsten immaterieller Entwicklungsleistungen gegenüber der klassischen automobilen Wertschöpfung. Der Automobilstandort Deutschland weist grundsätzlich sehr hohe Entwicklungsanteile auf. Durch die Ausschöpfung von Synergiepotentialen durch eine Integration von Entwicklungs- und Produktionsleistungen bietet sich die Chance einer wettbewerbsfähigen Leistungserstellung. Hierdurch könnten Produktionsverlagerungen an Auslandsstandorte zugunsten des Standorts Deutschland an Attraktivität verlieren.

Neben den erwähnten Potenzialen birgt die Automatisierung Risiken für den Automobilstandort Deutschland. Auch hieraus ergibt sich die Dringlichkeit des Handlungsbedarfs. Zu den größten Risiken zählen:

Neue Akteure könnten als relevante Wettbewerber in den Markt eintreten (vgl. Kap. 7.6)

Schon jetzt basiert ein Großteil der Innovationen im Automobilbau auf Software und der Weiterentwicklung von Algorithmen. Für HAF nötige Softwareinnovationsfelder sind die Situationsinterpretation und Fahrstrategie, spezifisches Kartenmaterial, Fahrerzustandsanalyse und -interaktion sowie die Fahrzeugvernetzung. Für Entwicklungen in diesen Feldern werden Kompetenzen benötigt, welche sich heute zu einem großen Teil außerhalb der Automobilindustrie befinden. Für HAF auf Autobahnen gilt dies noch eingeschränkt, doch für die angestrebte Abdeckung

²²⁷ U.a. mit der Plattform für automatisiertes Fahren von Elektrobit, Infineon und NVIDIA sowie dem Krypto-Chip von IBM und Giesicke & Devrient

weiterer Anwendungsfälle, insbesondere für den im Vergleich zum Autobahnverkehr deutlich komplexeren Stadtverkehr, besteht ein großer Bedarf an neuen Softwarelösungen. Branchenfremde Akteure mit entsprechendem Know-how könnten dies als Chance nutzen, um Softwareschnittstellen zu besetzen. Dazu zählen Unternehmen aus den Bereichen Robotik und Rüstung, Medizintechnik, Telekommunikation und klassische IT-Konzerne inklusive Suchmaschinenbetreiber.

(Hoch-)Automatisiertes Fahren könnte mittel- bis langfristig zu Standortverlagerungen deutscher Hersteller und Zulieferer führen (insbesondere im Bereich der Entwicklungstätigkeiten)

Derzeit ist in geringem Umfang der Aufbau von Entwicklungskapazitäten deutscher Hersteller und Zulieferer an Auslandsstandorten zu beobachten (insb. im Silicon Valley). Zwar lässt sich hieraus noch kein klarer Trend ableiten, es besteht jedoch die Gefahr, dass sich diese Entwicklung im Zuge der fortschreitenden Automatisierung und Vernetzung verstärkt. Ob es zu einem weiteren Ausbau der Entwicklungskapazitäten für Automatisierung und Vernetzung im Ausland kommt, hängt insbesondere von der Schaffung geeigneter politischer Rahmenbedingungen in den nächsten Jahren ab.

Der Antriebsstrang könnte im Fahrzeugbau an Bedeutung und Wertschöpfungsanteil verlieren (vgl. Kap. 7.1 / 7.2)

Es ist damit zu rechnen, dass die aus Kundensicht heute recht hohe Bedeutung des Antriebs und der Fahrdynamik mit zunehmendem Automatisierungsgrad abnehmen wird, was schließlich zu einer Abnahme des Wertschöpfungsanteils des Antriebsstrangs führen wird. Da die deutsche Automobilindustrie im Bereich des Antriebsstrangs sehr hohe Leistungstiefen aufweist, besteht die Gefahr, dass für die Wertschöpfung am Standort Deutschland ein negativer Substitutionssaldo entsteht.

HAF könnte zu einem „Commodity“ werden (vgl. Kap. 3.3.3, 7.2)

Aufgrund des hohen Fixkostenanteils softwarebasierter Produkte besteht für Hersteller von HAF-Systemen der Anreiz für eine schnelle Marktdiffusion. Es ist denkbar, dass HAF-Systeme nur wenige Jahre wettbewerbsdifferenzierenden Charakter haben werden. Dies könnte mit einem „Preisverfall“ einhergehen, der dazu führt, dass die für HAF getätigten F&E-Investitionen nicht amortisiert werden können.

Das Aufkommen vollautomatisierter Mobilitätssysteme kann die typischen Nutzungsmuster im Automobilmarkt verändern (vgl. Kap. 7.5.2)

Wie in Kapitel 4.10 und 7.6 dargestellt, werden fahrerloser Transportsysteme im urbanen Raum mit beschränkten Anwendungsumfängen und Leistungsmerkmalen parallel zum hochautomatisierten Fahren auf Autobahnen eingeführt. Dies könnte in Zukunft zu neuen Mobilitätsdienstleistungen und zu einer Verstärkung des sich derzeit mit schwachen Signalen andeutenden Trends zur Abkehr von Pkw-Besitz und Nutzung bei der jüngeren Generation führen. Zudem agieren Kommunen immer restriktiver bzgl. der Schadstoffregulierung, was zu einer Förderung potenziell effizienterer fahrerloser Transportsysteme führen könnte. Das Szenario würde eine sich derzeit durch steigende Carsharing-Nutzung resultierende Verschiebung des Pkw-Marktes von einem Produkt hin zu einer Dienstleistung verstärken. Eine industriepolitische Gefahr besteht darin, dass branchenfremde Akteure oder ausländische Automobilhersteller hinsichtlich der Einführung neuer Mobilitätsmodelle auf Basis vollautomatisierter Fahrzeuge risikobereiter sind und damit die potenziell neu entstehenden Märkte früh besetzen.

Aus den genannten Argumenten wird ersichtlich, dass es ein wichtiges Ziel deutscher Industriepolitik sein sollte, die Leitanbieterschaft im Bereich des (hoch-)automatisierten Fahrens zu übernehmen. Wie darüber hinaus im Kapitel 8 des vorliegenden Gutachtens gezeigt wird, hat die Automatisierung von Fahrzeugen eine Vielzahl von positiven volkswirtschaftlichen Auswirkungen, die über die reine Funktion der Sicherheit und des

Komforts für den einzelnen Fahrer hinausgehen. So wird davon ausgegangen, dass ab einem gewissen Ausstattungsgrad beträchtliche finanzielle und ökologische Vorteile für die gesamte Volkswirtschaft zu erwarten sind, was auch die Etablierung eines Leitmarktes zu einem nicht nur industriepolitisch, sondern auch gesamtgesellschaftlich erstrebenswerten Ziel macht.

Schlussfolgerung: Deutschland sollte Leitanbieter und Leitmarkt für (hoch-)automatisiertes Fahren werden.

7.8.2 Ausgangssituation – Stärken und Schwächen der Automobilindustrie am Standort Deutschland hinsichtlich der Etablierung als Leitanbieter

Als Leitanbieter von ADAS und teilautomatisierten Systemen hat die deutsche Automobilindustrie eine günstige Ausgangsposition für eine Leitanbieterschaft auch im Bereich höherer Automatisierungsgrade. Zudem verfügt der Automobilstandort Deutschland bezüglich einer Leitanbieterschaft für (hoch-)automatisiertes Fahren über die im Folgenden erläuterten Stärken:

Die deutsche Automobilindustrie ist aktuell Technologieführer im Bereich der Fahrerassistenz, insbesondere in den Bereichen Aktorik und Radarsysteme (vgl. Kap. 4.1, 7.3.1)

Als Leitanbieter für Fahrerassistenzsysteme verfügt die deutsche Industrie über eine günstige Ausgangsposition im Bereich des automatisierten Fahrens. Das dazu notwendige qualifizierte und routinierte Personal ist primär an deutschen Standorten tätig; dies insbesondere im Bereich F&E. Da das automatisierte Fahren eine komplexe wissensintensive Technologie ist, wird der Schwerpunkt der Entwicklungstätigkeiten nach heutigem Stand auch in Zukunft in Deutschland stattfinden, da hier bereits heute das nötige Wissen und Personal vorhanden ist. Die in der Vergangenheit bereits am Standort Deutschland getätigten Investitionen verursachen zudem Pfadabhängigkeiten.

Deutsche Fahrzeuge verfügen über eine hohe Ausfallsicherheit und hohe Qualitätsstandards (vgl. Kap. 4.3.5, 4.5.4)

Sowohl bei Produkten als auch bei Produktionsprozessen wird die deutsche Automobilindustrie sehr hohen Qualitätsansprüchen gerecht, welche die gesetzlichen Anforderungen in manchen Ländern sogar häufig übertreffen (Experteninterview Zulieferer 3). Dies betrifft insbesondere die Qualitätsansprüche für sicherheitskritische und komplexe technische Systeme. Der Automobilstandort Deutschland hat aufgrund der Erfahrungen und Kompetenzen im Bereich der Qualitätssicherung von Fahrerassistenzsystemen einen Standortvorteil hinsichtlich der Entwicklungs- und Fertigungsprozessen von komplexen Automatisierungssystemen.

Herausforderungen wie die Sicherstellung der funktionalen Sicherheit sind industrieseitig erkannt und die Identifikation der zur Validierung benötigten Methoden wird derzeit aktiv angegangen. So genießen deutsche Automobilmarken auch im Ausland ein anhaltend gutes Image. Hierbei stehen im Wesentlichen vier Qualitätsmerkmale im Zentrum, bei denen deutsche OEM regelmäßig besser bewertet werden als die ausländische Konkurrenz. Die Merkmale des deutschen Markenimages sind vor allem: eine gute Verarbeitung, die Erfüllung hoher Sicherheitsstandards, eine fortschrittliche Technik und Sportlichkeit (Diez 2012, S. 123). Da drei dieser vier Aspekte implizit mit dem Thema des automatisierten Fahrens in Zusammenhang stehen und sich das Vertrauen in eine Technologie immer auch auf die hinter der Technologie stehenden Institutionen bezieht, kann das hohe Kundenvertrauen in deutsche Marken als wichtiger Vorteil gegenüber Marken anderer Hersteller oder Firmen aus der IT-Industrie gewertet werden.

Deutsche Hersteller und Zulieferer haben eine günstige Ausgangsposition zum Aufbau übergreifender Backend-Lösungen (vgl. Kap. 4.8.1, 7.7)

Bisher werden die unterschiedlichen Backend-Systeme der OEM zur Unterstützung des hochautomatisierten Fahrens getrennt voneinander betrieben. Der gemeinsame Kauf von HERE durch ein Konsortium deutscher Automobilhersteller bietet die Möglichkeit, herstellerübergreifende Backend-Lösungen anzubieten und dadurch die Verkehrs- und Fahrzeugsicherheit zu erhöhen. Zudem gehen mit einer führenden Marktstellung im Bereich der Karten zunehmend steigende Wertschöpfungspotenziale einher.

Deutsche Hersteller weisen einen hohen Anteil an Fahrzeugverkäufen im Premium- und Oberklassesegment auf (vgl. Kap. 3.2.2, 3.3.3)

Die deutschen Fahrzeughersteller bedienen auf dem Heimmarkt und im Exportgeschäft vorrangig das Marktsegmente mit höheren Preisen. Automatisierungsfunktionen werden zunächst im Top-Down-Ansatz als Sonderausstattung hochpreisiger Fahrzeuge vertrieben und nachgefragt. Damit besteht ein großes Potenzial für die deutschen OEM, ihre Systeme weltweit schnell in den Markt zu bringen und aufgrund der dadurch erzielbaren Skaleneffekte eine entsprechende Leitanbieterschaft für hochautomatisierte Fahrzeuge aufzubauen.

Die deutsche Automobilindustrie und die deutsche Wissenschaft sind führend bei einschlägigen Patenten und Publikationen (vgl. Kap. 7.3.1)

Die Analyse von Patentanmeldungen und international einflussreichen Veröffentlichungen zeigt, dass Deutschland im internationalen Vergleich eine sehr gut positionierte F&E-Landschaft aufweist. Dieser Umstand kann als einer der wichtigsten Standortfaktoren angesehen werden, da er die Basis für den Aufbau weiterer Entwicklungskapazitäten deutscher, aber auch internationaler Automobilhersteller, bildet.

Am Standort Deutschland werden hohe Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen der Automobilindustrie getätigt (vgl. Kap. 7.3.1, 7.3.3)

Die deutsche Automobilindustrie hat im Jahr 2013 weltweit über 30 Milliarden Euro in F&E investiert, wobei mit 18,3 Milliarden ca. 60% der Investitionen in Deutschland getätigt wurden. Der Standort Deutschland weist zunehmend hohe Anteile an Wertschöpfung und Beschäftigung im Bereich von Entwicklungstätigkeiten aus. Der Anteil der Beschäftigten in der Entwicklung liegt mittlerweile bei ca. 1/8. Diese haben typischerweise ein hohes Qualifikationsniveau und eine hohe Wertschöpfung pro Beschäftigtem. Die in Deutschland vorhandenen Forschungscluster der Automobilindustrie sind eng verzahnt mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Auch das grundsätzlich hohe Qualitätsniveau der Ausbildungseinrichtungen und das in der Folge gut ausgebildete Personal sind Standortfaktoren, die explizit von Vertretern der Automobilindustrie hervorgehoben werden und für ein längerfristiges Engagement von Unternehmen der Automobilbranche im Bereich F&E sprechen.

In Deutschland liegen gute Testbedingungen für automatisiertes Fahren im öffentlichen Straßenverkehr vor (vgl. Kap. 6.7)

Entgegen der medialen Darstellung bestätigten alle für die vorliegende Studie interviewten Experten die unkomplizierten Prozesse zur Ermöglichen des Testens von HAF auf öffentlichen Straßen. Obwohl es bisher keinen einheitlichen und allgemein einsehbaren Genehmigungsprozess gibt, sei die Kooperation mit den Behörden gut und die erforderlichen Auflagen mit angemessenem Aufwand zu erfüllen. Von einem Vorteil von Ländern wie den USA könne demnach nicht gesprochen werden, da sich entsprechende Regelungen bisher nur auf einzelne Bundesstaaten beziehen und diese das Testen teilweise sogar verkompliziert hätten.

Neben den organisatorisch-rechtlichen Abläufen spielen jedoch zusätzlich die physisch-räumlichen Umweltbedingungen eine wichtige Rolle für die Auswahl geeigneter Testregionen. Deutschland hat in Hinblick auf die vorhandene Straßeninfrastruktur und die allgemeinen Verkehrsbedingungen eine gute Ausgangsposition zur Etablierung von Teststrecken. So bietet die relativ dichte Besiedelung die Möglichkeit, Testregionen zu schaffen, die auf relativ kleinem Raum alle verschiedenen Straßentypen – Autobahn, Landstraßen, Stadtgebiet – mit allen wesentlichen Ausprägungen an Verkehrsflächen und baulichen Umgebungen, bis hin zu verkehrsberuhigten Bereichen, vereinen. Hierdurch ist die Abbildung einer möglichst großen Anzahl unterschiedlicher Use- und Test-Cases gegeben. Weiterhin sind die herrschenden baulichen Grundvoraussetzungen, wie Straßenmarkierungen, Leitplanken und die Beschilderung, welche für das Testen automatisierter Fahrzeuge nötig sind, bereits vorhanden und von hoher Qualität. Schließlich wird noch ein anderer Aspekt, der für den späteren Absatz hochautomatisierter Fahrzeuge potenziell hinderlich sein könnte, beim Testen derselben zum Vorteil: die hohen Anforderungen, die der dichte Verkehr und die hohen Geschwindigkeiten auf deutschen Straßen an die Automatisierungssysteme der Fahrzeuge stellen, können beim Testen insofern eine Bedeutung haben, als dass ein Test in anspruchsvoller Umgebung eine gute Vorbereitung für den späteren Regelbetrieb auch in anderen Gebieten sein könnte. So könnte das Merkmal „Tested on German Autobahn“ zum vertrauens- und verkaufsfördernden Qualitätssiegel automatisierter Fahrzeuge werden. Für Deutschland besteht somit eine gute Ausgangsposition, sich als relevantester Testmarkt für HAF zu positionieren.

Neben den beschriebenen Stärken weist der Standort Deutschland allerdings auch einige Schwächen gegenüber den Wettbewerbsländern auf.

Deutschland weist vergleichsweise geringe Risikokapitalinvestitionen auf (vgl. Kap. 7.3.1, 7.3.3)

Die Automobilindustrie hatte in der Vergangenheit hohe Zugangshürden für neue Wettbewerber. Die zunehmende Bedeutung von Softwareentwicklung impliziert eine höhere Relevanz von Start-Up-Unternehmen und Risikokapital. In Deutschland wird im internationalen Vergleich verhältnismäßig wenig Risikokapital investiert und auch die deutsche Automobilindustrie tätigt risikokapitalintensive Investitionen derzeit vorrangig an anderen Standorten, wie beispielsweise in den USA. Deutsche OEM begründen zudem auch den Aufbau von Forschungskapazitäten im Silicon Valley meist mit der dortigen „innovativen Start-Up-Kultur“ und der „Hands-on-Mentalität“ bei der Entwicklung und Umsetzung neuer Ideen und Konzepte. Zwar hat Deutschland mit Berlin und München zwei Standorte, in denen eine aktive Gründer-Szene im Bereich von IT-Technologien existiert, jedoch kann hierbei nicht von einer international herausragenden Stellung gesprochen werden. Dies spiegelt sich auch in der geringen Menge eingesetzten Risikokapitals wieder, welches jungen Unternehmen in Deutschland zur Verfügung steht.

Die politischen Abstimmungsprozesse hinsichtlich HAF sind bislang zu langsam (vgl. Kap. 6.7.2)

Das Thema des automatisierten Fahrens berührt die Kompetenzbereiche einer Vielzahl von Ministerien und Bundesämtern. Dieser Umstand birgt die Gefahr, dass langwierige Abstimmungsprozesse und Uneinigheiten über Zuständigkeiten sowie Arbeitsinhalte unter den verschiedenen Stakeholdern wichtige richtungsweisende Entscheidungen (beispielsweise im Bereich von Testfeldern, internationaler Interoperabilität oder Forschungsförderung) verzögern. Die Verzögerungen der deutschen Politik bei der Strategiefindung und der Initiierung von Leuchtturmprojekten zeigen, dass Deutschland gegenüber einigen Wettbewerbsländern in Rückstand geraten könnte.

Die deutsche Automobilindustrie konzentriert sich bislang zu stark auf den evolutionären Ansatz des automatisierten Fahrens (vgl. Kap. 7.5, 7.6)

Derzeit wird von der Automobilindustrie vor allem der evolutionäre Ansatz der Fahrzeugautomatisierung verfolgt, bei dem die Integration und der weitere Ausbau von Fahrerassistenzsystemen schrittweise zu immer höheren Stufen der Automatisierung führen. Das vollautomatisierte und fahrerlose Fahren wird hingegen bisher vor allem in Konzeptfahrzeugen und als „ferne Vision“ gezeigt. Im Gegensatz dazu gibt es mittlerweile eine Reihe von Unternehmen, die das vollautomatisierte und fahrerlose Fahren als parallele Entwicklung zur graduellen Automatisierung von PKW betrachten. So werden erste Konzepte für fahrerlose Shuttle-Systeme im urbanen Raum derzeit hauptsächlich von neuen Unternehmen jenseits der traditionellen Sektorgrenzen wie dem französischen Unternehmen Induct, der Firma Ultra Global PRT oder von Universitäten umgesetzt. Es besteht das Risiko, dass traditionelle (deutsche) Hersteller hierbei den Anschluss verpassen.

7.8.3 Ausgangssituation – Stärken und Schwächen der deutschen Automobilindustrie hinsichtlich der Etablierung eines Leitmarktes

Auch für die Erreichung einer Leitmarktposition ist Deutschland in einer guten Ausgangslage. Hierfür sprechen die im Folgenden dargestellten Stärken.

Das erwartete breite Angebot an HAF-Fahrzeugen deutscher Hersteller wird zu einem schnellen Markthochlauf im Heimatmarkt führen (vgl. Kap. 7.3.1, 7.3.2)

Das Potenzial, zum Leitmarkt für hochautomatisierte Fahrzeuge zu werden, korreliert maßgeblich mit dem verfügbaren Angebot von heimischen Herstellern. Da deutsche Hersteller bei der Markteinführung von HAF mit großer Wahrscheinlichkeit Leitanbieter sein werden, ist die Ausgangsposition für den deutschen Markt als günstig zu bewerten.

Der Standort Deutschland gilt hinsichtlich des hochautomatisierten Fahrens als rechtssicher und haftungsrechtlich kalkulierbar (vgl. Kap. 5.2)

Für den Großteil der Gesetzesänderungen in Deutschland gilt, dass sie aufgrund vorweggenommener Prüfungen und Abwägungen langfristig Bestand haben, wodurch mithin Rechtssicherheit entsteht. Das führt zu einer hohen Planungs- und Investitionssicherheit zugunsten der Marktakteure. Hinzu kommt, dass auch Abfolgen von Gesetzesnovellierungen nicht überraschend durchgeführt werden, sondern immer planbare Zeitspannen dazwischen liegen. Soweit bereits in der Durchführung befindliche Geschäftsmodelle auf bestehenden Gesetzen beruhen, bietet der verfassungsrechtlich verankerte Vertrauensschutz zudem eine gewisse Bestandsschutzgarantie, die dem Gesetzgeber zumindest den Erlass von langfristigen Übergangsvorschriften gebietet. Zur grundsätzlich positiven Haftungssituation im Zusammenhang mit HAF wird auf die Kapitel 5 und 6 verwiesen.

Der deutsche Markt weist einen hohen Anteil an Premium- und Oberklassefahrzeugen und eine hohe Zahlungsbereitschaft der Kunden für HAF auf (vgl. Kap. 3.2.2, 7.3.2)

In Deutschland werden traditionell viele Premium- und Oberklassefahrzeuge verkauft, was auch an dem hohen Dienstwagenanteil von zugelassenen Neufahrzeugen liegt. Demnach weist der deutsche Markt in den ersten Jahren der Markteinführung ein deutlich höheres Diffusionspotenzial als andere Märkte auf. Zudem sind deutsche Kunden bereit, höhere Aufpreise für Sonderausstattungen, gerade im Bereich der Fahrzeugsicherheit, zu zahlen.

Auf deutschen Autobahnen ist ein häufiges Auftreten der HAF Use-Cases zu erwarten, was den subjektiven Kundennutzen erhöht (vgl. Kap. 7.3.2)

Die relativ hohe durchschnittliche Fahrleistung pro Kopf auf Autobahnen sowie die Staubbelastung auf deutschen Autobahnen lassen vermuten, dass deutsche Autofahrer

den zentralen Mehrwert von HAF, die produktive Nutzung der Zeit während der Fahrt, als besonders hoch einschätzen.

In Deutschland kann aufgrund der guten Straßenqualität und infrastrukturellen Ausstattung der Autobahnen (Leitplanken, Markierungen, Beschilderungen) ein hoher Streckenfreigabenteil erreicht werden (vgl. Kap. 7.3.2)

Eine weitere Stärke in Hinblick auf die Etablierung eines Leitmarktes ist die gute Eignung der deutschen Straßeninfrastruktur für HAF-Fahrzeuge. Deutsche Autobahnen und Fernstraßen verfügen fast durchgängig über Fahrbahnmarkierungen und Leitplanken sowie über eine einheitliche und gute Beschilderung. Dies reduziert das Auftreten von Systemgrenzen im automatisierten Fahrbetrieb.

Die im Folgenden beschriebenen Schwächen können die Erreichung einer Leitmarktstellung in Deutschland behindern.

Der komplexe Verkehr auf deutschen Autobahnen kann zu einem häufigen Auftreten von Systemgrenzen führen (vgl. Kap. 7.3.2)

Der Verkehr auf deutschen Autobahnen ist im Vergleich zu anderen Ländern als äußerst komplex zu bewerten. Die Vielzahl unterschiedlicher Fahrzeugtypen, hohe Verkehrsdichten, variable Geschwindigkeitsbegrenzungen oder lokale Gegebenheiten wie bspw. Baustellen können als Komplexitätstreiber genannt werden. Bezogen auf den Geschwindigkeitsaspekt werden von vielen Fahrzeugen Reisegeschwindigkeiten von 160-180 km/h erreicht und auch Geschwindigkeiten von über 200 km/h stellen keine Seltenheit dar. Verbunden mit tendenziell niedrigen Fahrzeugabständen und dem starken Verkehrsaufkommen von Fahrzeugen wie LKW oder Anhänger-Gespannen, deren Höchstgeschwindigkeit auf unter 100 km/h begrenzt ist, bedeutet dies eine potentielle Geschwindigkeitsdifferenz von über 100 km/h auf den verschiedenen Fahrspuren. Deutsche Autobahnen stellen demnach anspruchsvolle Anforderungen an die Technik automatisierter Fahrzeuge, da auch bei angepasster Eigengeschwindigkeit mit sich schnell nähernden Fahrzeugen gerechnet werden muss.

Die lückenhafte Mobilfunkabdeckung entlang der BAB kann sowohl den Streckenfreigabenteil als auch das Angebot von neuen Connectivity-Diensten mindern. (vgl. Kap. 4.8.5, 7.3.2)

Alle an der Entwicklung von HAF-Funktionen beteiligten Akteure sind sich darüber einig, dass die Kommunikation der Fahrzeuge mit einem Backend nötig ist, um unbedingt erforderliche Informationen über Streckenfreigaben und aktuelle Verkehrsvorkommnisse zu erhalten. Als Kommunikationsstandard bietet sich hierfür die aktuelle Generation des Mobilfunks (LTE) an, welche hohe Übertragungsraten bereitstellt. Die Mobilfunkabdeckung auf deutschen Autobahnen ist jedoch derzeit noch lückenhaft. Es ist zweifelhaft, ob der Netzausbau deutschlandweit bis zur HAF-Einführung ausreichend fortgeschritten ist.

Die geringe Aktivität im Bereich der Car2X-Vernetzung kann langfristig dazu führen, dass Potenziale der Automatisierung nicht voll ausgeschöpft werden (vgl. Kap. 4.8.3, 7.3.2)

Die Car2X-Kommunikation stellt auf Autobahnen einen alternativen Kommunikationsweg zur Mobilfunkkommunikation für die Übermittlung von Streckenfreigaben und weiteren externen Informationen (wie z.B. Stau- oder Baustellenwarnung) dar. In Forschungsprojekten wie simTD war die Car2X-Technologie in Deutschland schon häufig Gegenstand von Untersuchungen. Ihr wird z.T. ein hohes

volkswirtschaftliches Nutzen-Potenzial zugesprochen²²⁸, allerdings wurden die für einen Aufbau erforderlichen Maßnahmen bislang in Deutschland noch nicht umgesetzt. Japan hat hier eine Vorreiterrolle inne. Dort ist ein Car2X-System, welches auf der Mautstation-Infrastruktur aufbaut, auf Autobahnen zur Steigerung der Verkehrssicherheit bereits im Einsatz.²²⁹

Die Prozesse zur Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen werden in einigen Wettbewerbsländern schnellen vollzogen (vgl. Kap. 6.7)

Bei der Schaffung adäquater rechtlicher Rahmenbedingungen für das automatisierte Fahren spielt neben der juristischen Ausgestaltung auch der Faktor Zeit eine bedeutende Rolle. Aus diesem Grund sollten die Entscheidungsprozesse bei der Schaffung eines rechtlichen Rahmens zügig erfolgen. Die deutsche Politik agiert derzeit noch zu träge – zudem vertreten die Ministerien teilweise widersprüchliche Positionen, was schnelle Fortschritte blockiert.

²²⁸ *simTD* (2013b) Deliverable D5.5 – Teil B-1B TP5-Abschlussbericht – Teil B-1B Volkswirtschaftliche Bewertung: Wirkungen von *simTD* auf die Verkehrssicherheit und die Verkehrseffizienz, S. 54.

²²⁹ MLIT (2012.): ITS (Intelligent Transport System) Spot Services in Japan.

8 Quantifizierung der volkswirtschaftlichen Nutzeffekte des hochautomatisierten Fahrens

8.1 Einleitung

Die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) ist ein Instrument zur Bewertung von Handlungsalternativen und ermöglicht damit die Identifikation der vorteilhaftesten Alternative. Die Bewertung aller Kosten sowie Nutzen einer Alternative erfolgt hierbei anhand einer einheitlichen monetären Einheit (Hiebel 2013).

Für HAF werden in volkswirtschaftlicher Hinsicht folgende positive Effekte erwartet:

- Reduktion externer Kosten²³⁰
- Reduktion von Staukosten

Bezüglich der externen Kosten werden nur Unfall-, Treibhausgas- und Luftschadstoffkosten betrachtet. Lärmkosten, die Kosten durch vor- und nachgelagerte Prozesse²³¹ sowie sonstige Kosten²³² werden durch hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen nicht nennenswert beeinflusst und werden daher nicht weiter betrachtet (Puls 2013, S. 24-27; Becker/Becker/Gerlach 2012, S. 22f.,30).

Staukosten sind letztlich Zeitkosten. Ihre Zuordnung zu den externen Kosten ist umstritten.²³³ Aufgrund ihrer erheblichen volkswirtschaftlichen Relevanz werden sie in diese Betrachtung miteinbezogen. Die Zeitersparnisse durch die Übergabe der Fahraufgabe an das Fahrzeug und die Ausführung von Nebentätigkeiten sind hingegen direkte private Nutzeffekte des HAF und durch die Zahlungsbereitschaft des Kunden abgedeckt. Sie sind somit nicht Teil dieser Betrachtung.

Aus volkswirtschaftlicher Perspektive ist zwischen den positiven externen Effekten durch HAF im Vergleich zu denen aus der Kombination der zugrundeliegenden ADAS von geringen Unterschieden auszugehen. Folglich, und da keine HAF-spezifischen Daten vorliegen, werden die vorliegenden Analysen zu ADAS betrachtet. Dabei können die Potenziale der einzelnen Systeme allerdings nicht einfach aufsummiert werden, da sich die Wirkfelder der Systeme teilweise überschneiden. Aufgrund vieler Unsicherheiten und unterschiedlicher Annahmen in den jeweiligen Studien werden die Potenziale, wenn nötig, mit Bandbreiten dargestellt. Zudem werden zwei Szenarien betrachtet: Szenario 1 basierend auf der maximalen Marktdurchdringung von HAF-Fahrzeugen in Deutschland²³⁴ („Maximalszenario“), Szenario 2 basierend auf der in

²³⁰ Zu den externen Kosten zählen folgende Kostenkategorien: Unfallkosten, Lärmkosten, Treibhausgaskosten, Luftschadstoffkosten, Kosten durch vor- und nachgelagerte Prozesse, sonstige Kosten (Van Essen et al. 2011; Puls 2013; Franz 2009; Becker/Becker/Gerlach 2012).

²³¹ Dies sind vorrangig Treibhausgasemissionen, die mit der Herstellung und dem Vertrieb von Kraftfahrstoffen, der Herstellung und Versorgung der Fahrzeuge sowie mit der Bereitstellung von Infrastrukturen verbunden sind.

²³² Natur- und Landschaftsverbrauch, Zeitverluste für Fußgänger (Trennungseffekte), Verschmutzung von Boden und Wasser sowie Subventionen.

²³³ Einerseits schädigt jeder zusätzliche Fahrer auf einer überlasteten Straße die anderen Straßennutzer, andererseits ist er vom Schaden auch selbst betroffen. Daher gelten Staus unter Ökonomen zumeist nicht als externe Kosten (Puls 2013, S.5).

²³⁴ Hierfür wird der Pkw-Bestand in Deutschland am 01.01.2015 (44,4 Mio.) Fahrzeuge laut KBA zugrunde gelegt (KBA 2015).

Kapitel 7.2 ermittelten HAF-Bestandsentwicklung bis 2020 („Szenario 2020“) mit 45.929 Fahrzeugen.

Bei der Betrachtung gelten folgende Annahmen:

- Es wird in beiden Szenarien von einem gleichbleibenden Modal Split, einer konstanten Infrastrukturkapazität und einer moderaten Steigerung der Verkehrsleistung ausgegangen.
- Die Szenarien stellen den Nutzen von HAF-Fahrzeugen dem Nutzen konventioneller Fahrzeuge nicht automatisierter Fahrzeuge („Driver only“) gegenüber.²³⁵

8.2 Treibhausgas- und Luftschadstoffkosten

Die Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen²³⁶ hängen vom Treibstoffverbrauch ab. Durch HAF sind sowohl vor- als auch nachteilige Effekte auf den Treibstoffverbrauch denkbar. Nachteilige Auswirkungen von HAF auf den Treibstoffverbrauch sind erstens das zusätzliche Gewicht durch das HAF-System und zweitens eine möglicherweise komfortbedingte Steigerung der Verkehrsleistung auf Autobahnen. Dennoch gibt es mehrere Gründe, welche für Effizienzsteigerungen durch hochautomatisierte Fahrzeuge sprechen. Einerseits die Reduktion von Beschleunigungs- und Bremsspitzenwerten. Diese treten bei manueller Fahrzeugführung - aufgrund von unvorsichtiger und unaufmerksamer Fahrweise sowie schwankender Geschwindigkeit mit ungünstigen Betriebspunkten - sehr häufig auf und führen zu einem hohen Kraftstoffverbrauch (Winner/Weitzel 2012, S. 659). Andererseits wird bei der Hochautomatisierung systembedingt vermutlich zunächst auf eine höhere Fahrgeschwindigkeit als 130km/h verzichtet. Da mit zunehmender Geschwindigkeit der Treibstoffbedarf überproportional ansteigt, kommt es hierdurch zu einer deutlichen Absenkung des Kraftstoffverbrauchs (FU Berlin 2009). Weitere Effizienzsteigerungen und somit eine weitere Reduzierung der CO₂-Emissionen können durch die Optimierung der Leistungsaufteilung von Hybridantrieben und der Verbesserung des Verkehrsflusses (systemischer Effekt) erwartet werden (Hars 2014, S. 274ff.; Jootel 2012, S. 36ff.).

Becker et al. beziffern das Potenzial, durch automatisiertes Fahren den Kraftstoffverbrauch bei Autobahnfahrten zu senken, auf 10-20% (Becker et al, S.140). Laut Morgan Stanley kann die Energieeffizienz automatisierter Fahrzeuge um bis zu 30% höher liegen als bei konventionellen Fahrzeugen (Morgan Stanley 2015). Beide Aussagen beziehen sich auf das Gesamtsystem.

²³⁵ Zwar gibt es bereits viele Fahrzeuge mit Assistenz- und Automatisierungsfunktionen im deutschen Fahrzeugbestand, es ist jedoch zu erwarten, dass bei einer volkswirtschaftlichen Bestandbetrachtung HAF-Fahrzeuge, die in den Bestand kommen, auf absehbare Zeit nicht automatisierte Alt-Fahrzeuge „ersetzen“, die den deutschen Fahrzeugbestand durch Verschrottung oder Export verlassen. Dies wird hier idealtypisch angenommen. Dabei wird vernachlässigt, dass der Punkt kommt, ab dem HAF-Fahrzeuge Fahrzeuge mit anderen Assistenzfunktionen im Bestand ersetzen, so dass der volkswirtschaftliche „Mehrwert“ des HAF-Fahrzeugs geringer ausfällt als hier idealtypisch angenommen.

²³⁶ Bei den Schadstoffen werden SO₂ (Schwefeldioxid), NMVOC (Non Methane Volatile Organic Compounds), NO_x (Stickoxide), PM_{2,5} und PM₁₀ (Feinstaub) betrachtet.

Unter Berücksichtigung der genannten Aspekte erscheint eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs und damit auch eine Senkung der CO₂-Emissionen von 10-20% realistisch.²³⁷

Die Emissionen von CO₂-Äquivalenten betragen im Pkw-Sektor durchschnittlich 139 g/Pkm.²³⁸ Der Pkw-Anteil an der Gesamtfahrleistung über alle Fahrzeugklassen hinweg beläuft sich auf ca. 84,8%²³⁹ und der Anteil der Fahrleistungen auf Autobahnen an der Gesamtfahrleistung beträgt 31%. Da der spezifische Anteil von Pkw an der Autobahnfahrleistung nicht bekannt ist, wird hier davon ausgegangen, dass er proportional zum Anteil an der Gesamtfahrleistung ist; obwohl vermutet wird, dass er aufgrund des überproportionalen Lkw-Anteils auf Autobahnen etwas geringer ausfällt. Entsprechend der Angaben wird die Fahrleistung von Pkw auf 609,7 Mrd. Pkm beziffert, woraus bei einem Autobahnanteil von 31% 189 Mrd. Pkm auf Autobahnen resultieren. Bei einem Ausstoß von durchschnittlich 139 g/Pkm CO₂-Äquivalenten ergeben sich Pkw-Emissionen auf Autobahnen in Höhe von 26,27 Mio. t CO₂.

Treibhausgasfolgekosten können mit unterschiedlichen Ansätzen bewertet werden. In Frage kommen a) die Berechnung der direkten Klimafolgeschäden, b) der sogenannte Vermeidungskostenansatz oder c) die Bewertung mittels Zahlungsbereitschaften (Umweltbundesamt 2012, S. 3ff., Puls 2013, S. 21ff.). In der wissenschaftlich anerkannten Literatur findet sich eine Bandbreite von 2,5 € / t CO₂ (Vermeidungskostenansatz auf Basis des Emissionshandels) bis hin zu 475 €/ t CO₂ (Zahlungsbereitschaftsansatz).²⁴⁰ Für die Berechnung wird der Mittelwert der defensiven Quantifizierung von Puls in Höhe von 23,43 € / t CO₂ und der offensiveren Monetarisierung der TU Dresden in Höhe von 252 € / t CO₂ gewählt (Puls 2013, S.24; Becker/ Becker /Gerlach 2012, S.33). Eine Tonne CO₂ wird folglich mit 137,72 € bepreist.

Auf Basis einer 10-20 prozentigen Reduktion des Treibstoffverbrauchs ergibt sich im Maximalszenario ein volkswirtschaftliches Potenzial zwischen 361,8 und 723,6 Mio. €. Geht man jedoch davon aus, dass im Jahr 2020 nur ca. 0,1% des Fahrzeugbestands über eine HAF-Funktionalität verfügt, liegt das reale Potenzial im Jahr 2020 zwischen 0,38 und 0,76 Mio. €.

Bezüglich der Luftverschmutzung wird das REMOVE-Modell genutzt (De Ceuster 2008, S. 9). Aus der Simulation der Schadstoffemissionen auf Autobahnen ergeben sich für das Jahr 2014 Gesamtemissionen in Höhe von 73.427 t im Jahr 2020 46.544 t. Diese teilen sich im Jahr 2020 wie folgt auf: NMVOC: 3.542 t, NO_x: 40.630 t, PM Auspuff: 839 t, PM Sonstige: 1.332 t, SO₂: 201 t. Die Schadstoffe werden dabei wie folgt monetarisiert: NMVOC: 17.000 €/t, NO_x: 9.600 €/t, PM Auspuff: 75.000 €/t, PM sonstige 30.000 €/t, SO₂: 11.000 €/t.

Daraus ergeben sich für das Jahr 2020 Schadstoffemissionskosten in der Größenordnung von insgesamt 555,4 Mio €.

²³⁷ Allerdings handelt es sich bei diesen Ergebnissen um Schlussfolgerungen aus vorliegenden Studien und Projekten unter Testbedingungen, sodass eine genaue Abschätzung kaum möglich ist. Die Verkehrsflusseffekte treten systemisch auf und nicht proportional zur Fahrzeuganzahl. Zur Vereinfachung wurde hier jedoch ein linearer Verlauf angenommen.

²³⁸ Bezugsjahr 2012 (Umweltbundesamt 2014).

²³⁹ Laut Verkehr in Zahlen 2013/2014 betrug der Anteil von Pkw und Kombi an der Straßenverkehrsleistung im Jahr 2011 und 2012 84,8 %.

²⁴⁰ Berücksichtigt man auch aus wissenschaftlicher Sicht zweifelhafte Berechnungen aus vorrangig „grauer Literatur“ liegt die Bandbreite sogar zwischen 0 €/t und 1.600 €/t (Krewitt/Schlomann 2006, S.17).

Das Gesamtpotenzial für HAF in Deutschland liegt auf Basis einer 10-20 prozentigen Reduktion somit zwischen 56 und 111 Mio. €. p.a. Geht man jedoch davon aus, dass im Jahr 2020 nur ca. 0,1% des Fahrzeugbestands HAF ermöglichen, liegt das reale Potenzial im Jahr 2020 zwischen 0,06 und 0,12 Mio. €.

8.3 Unfallkosten

In Deutschland gab es im Jahr 2014 insgesamt 2,41 Millionen Verkehrsunfälle, mit 389.535 Verletzten und 3.377 getöteten Personen (Statistisches Bundesamt 2015).

Um das Potenzial von HAF-Systemen hinsichtlich der Unfallvermeidung zu bewerten, müssen zunächst die Unfallursachen kategorisiert werden.

Die Unfallstatistiken nach Ortslage zeigen, dass Unfälle auf Autobahnen nur einen kleinen Teil der Personen- und Sachschäden verursachen. Insgesamt passierten im Jahr 2014 18.901 Unfälle mit Personenschaden auf deutschen Autobahnen. Obwohl ca. ein Drittel der Verkehrsleistung auf Autobahnen erbracht wird, passieren nur ca. 6% aller Unfälle mit Personenschaden auf Autobahnen.

Tabelle 11: Unfälle nach Ortslage im Jahr 2014²⁴¹

Unfälle nach Ortslage	Mit Personenschaden
Innerhalb von Ortschaften	209.618
Außerorts ohne Autobahn	73.916
Autobahn	18.901
Anteil Autobahn	6,2%

Tabelle 12: Anteile von Verunglückten auf Autobahnen nach Ortslage im Jahr 2014²⁴²

Verunglückte nach Ortslage	Getötete	Schwerverletzte	Leichtverletzte	Insgesamt
Innerhalb von Ortschaften	983	36.054	217.417	254.454
Außerhalb von Ortschaften	2.019	25.971	79.323	107.313
Autobahn	375	5.707	25.063	31.145
Anteil Autobahn	11,1%	8,4%	7,8%	7,9%

Üblicherweise werden die amtlichen Unfalldaten mit bestimmten Faktoren korrigiert, da von einer „Unfall-Dunkelziffer“ ausgegangen wird. Aufgrund des spezifischen Charakters von Autobahnunfällen mit einer hohen polizeilichen Meldequote wird dies im Rahmen dieser Studie vernachlässigt.

An den 18.901 Unfällen mit Personenschaden waren 40.832 Fahrzeugführer beteiligt. Hiervon konnte in 25.764 Fällen ein Fehlverhalten der Fahrzeugführer festgestellt werden. Dies entspricht einem Anteil in Höhe von 63,1%, bezogen auf die beteiligten Fahrzeugführer, nicht auf die Unfälle insgesamt (Statistisches Bundesamt 2015, S.61, 287).

Von Vertretern der Automobilindustrie wird bezüglich des Anteils menschlichen Fehlverhaltens an Unfällen häufig ein Wert i.H.v. 90% genannt (Hackenberg 2015, Huber 2015). Dieser Wert bezieht sich auf eine Studie aus den USA (US DOT 2006). Laut Lemmer beträgt der Anteil menschlichen Fehlverhaltens an Unfällen in

²⁴¹ Eigene Darstellung auf Basis von (Statistisches Bundesamt 2015).

²⁴² Eigene Darstellung auf Basis von (Statistisches Bundesamt 2015).

Deutschland 86% (Lemmer 2014). Legt man diesen Wert zugrunde, hat HAF ein maximales Unfallvermeidungspotenzial von 86% Prozent.

Fahrunfälle (also Unfälle ohne Fremdbeteiligung) stellen heute den größten Teil der amtlich erfassten Unfälle dar. Diese sind zu großen Teilen auf Fehler in der Kontrollebene zurückzuführen. Der größte Teil der Fehler liegt in nicht angepassten Geschwindigkeiten, zu geringem Abstand und Fehlern beim Überholen (Grösch 2014, S. 263ff.; Winner/Weitzel 2012, S. 660; Kühn/Hannawald, S. 65ff.; Hars 2014, S. 269ff.; Jootel 2012, S. 37; Statistisches Bundesamt 2015).

Es ist davon auszugehen, dass durch HAF ein erheblicher Teil dieser Fehler grundsätzlich vermieden werden kann. Allerdings finden 31,5 – 60,2% der Unfälle auf Autobahnen witterungs- und lichtverhältnisbedingt außerhalb der Systemgrenzen von HAF statt²⁴³, so dass der obige Wert i.H.v. 86% auf die Bandbreite von 34,2 – 58,9% korrigiert werden muss (Statistisches Bundesamt 2014, S. 84; Statistisches Bundesamt 2015, S. 84).

Unter anderem aufgrund von Assistenz- und Automatisierungsfunktionen sinkt die Zahl der im Straßenverkehr getöteten Personen seit Jahrzehnten. Bei der Reduktion der negativen Unfallfolgen ist zudem zu berücksichtigen, dass sich die Fahrleistungen in den letzten Jahrzehnten in Deutschland erhöht haben - von 559,5 Mio. km im Jahr 2000 auf 615 Mio. km im Jahr 2013 (Radke 2015, S.152)

Teilweise wird hingegen auch die Ansicht vertreten, dass automatisiertes Fahren die Verkehrssicherheit gefährdet. So stellen Psychologen der University of Michigan in Frage, ob automatisierte Fahrzeuge sicherer fahren als erfahrene Fahrer mittleren Alters (Sivak / Schöttle 2015). Dies ist jedoch eine Minderheitenmeinung. Grundsätzlich werden dem HAF erhebliche Unfallvermeidungspotenziale zugeschrieben. Diese deuten sich heute bereits in den ADAS an:

Fahrzeuge mit aktivem Notbremsassistent haben laut Euro-NCAP bis zu 38% weniger Auffahrfälle als Fahrzeuge ohne das System (Euro-NCAP 2015). Aktive Notbremsassistenten haben laut Hummel et al. insgesamt ein Unfallvermeidungspotenzial in Höhe von 17,8% (Hummel et al. 2011, S.12). Auch Versicherungsdaten zeigen, dass Notbremsassistenten die Unfallhäufigkeit zwischen 10% und 27% reduzieren konnten (IIHS 2008; Hars 2014, S. 272).

Spurhalteassistenten weisen ein Unfallvermeidungspotenzial in Höhe von 4,4% und Spurwechselassistenten in Höhe von 1,7% auf (Hummel et al. 2011, S.12).

Winkle prognostiziert für eine Kombination der FAS Night Vision, LDW, LKA sowie ACC einen Rückgang der Verunglückten um 27% (Winkle 2015, S. 364). Im Projekt sim^{TD} konnten einzelne Funktionen innerhalb einer Bandbreite von 0,2% und 24,9% das Unfallgeschehen positiv beeinflussen. So ergab sich für den Querverkehrsassistenten, je nach Reaktionszeit und Bremsdruck, eine Quote von 9,9% bzw. 73,3% aller Unfälle im Wirkungsfeld, die vermieden werden könnten (Winkle 2015, S. 365ff.).

²⁴³ Da die statistischen Angaben über die Lichtverhältnisse und den Straßenzustand bei Unfällen auf Autobahnen nicht darstellen, ob mehrere Ursachen gleichzeitig vorlagen, kann keine finale Aussage darüber getroffen werden, bei wie vielen Unfällen HAF-Systemgrenzen vorlagen. Die Summe aller gelisteten Systemgrenzen liegt bei 60,18 %. Wenn sträßenzustandsbedingte Systemgrenzen und lichtverhältnisbedingte Systemgrenzen immer gleichzeitig auftreten läge der Anteil bei den Systemgrenzen nur bei 31,35 %. Daraus folgt, dass HAF nur in der Bandbreite von 39,8% und 68,6% durch menschliche Fehler verursachte Unfälle verhindern kann.

In der Dissertation von Mayer konnten für die Systeme Spurhalteassistent und Frontkollisionsschutz mit aktivem Notbremsassistent Wirkerwartungen von bis zu 20% festgestellt werden (Maier 2012). Kühn & Hannawald ermittelten für die Systeme Notbremsassistent, Fahrstreifenverlassenswarner, Abbiegeassistent und Totwinkelwarner Wirkerwartungen zwischen 1,7% und 17,8% (Kühn/Hannawald 2015, S. 68). Bis zu 28 Prozent der Unfälle, die durch unbeabsichtigtes Verlassen der Fahrspur verursacht werden, lassen sich nach Analyse der deutschen Unfalldatenbank GIDAS mit einem Spurhalteassistenten verhindern (Bosch 2014).

Bei einer Analyse der Unfalldaten betrachtete Daimler die Wirkung des Abstandsregeltempomaten (DISTRONIC PLUS) und des Bremsassistenten PLUS. Wenn alle Pkws damit ausgestattet wären, könnten damit laut Daimler rund 20% aller Auffahrunfälle vermieden werden. Durch eine Kombination dieser FAS könnten 36% verhindert werden (Daimler 2012). Laut Bosch könnten sogar 72% aller Auffahrunfälle und zudem 28% der Unfälle beim Spurverlassen durch Assistenzsysteme in höhergradig automatisierten Fahrzeugen vermieden werden (Bosch 2014). Marchau et. al. ermittelten bei Ihrer Literaturrecherche ein Unfallvermeidungspotenzial von 45% bei einer umfassenden Verbreitung von FAS. (Marchau/van der Heijden/Molin 2005, S. 12) Fagnant & Kockelman ermittelten eine mögliche Verringerung der Unfallzahlen um mindestens 40% (Eno Center for Transportation 2013, S. 168ff.).

Der oben berechnete Wirkgrad von 34,2 – 58,9% deckt sich folglich hinsichtlich der Größenordnung weitgehend mit der Literatur.

Mittels der Bewertungsmethode auf Basis des Werts eines statistischen Lebens ergibt die Bewertung eines Verkehrstoten 1,8 Mio. €, eines Schwerverletzten 234.000 € und eines Leichtverletzten 18.000 €. ²⁴⁴ Bezogen auf die gesamten Autobahnunfälle ergibt dies Kosten in Höhe von 2.461.572.000 €. Mit den berechneten Wirkgrad von HAF ergibt sich ein Gesamtpotenzial zwischen 0,843 Mrd. € und 1,451 Mrd. € durch HAF p.a. Bezogen den Bestand von HAF-Fahrzeugen im Jahr 2020 in Deutschland ist von einem volkswirtschaftliche Nutzen in Form von Unfallvermeidung in Höhe von 0,88 – 1,53 Mio. € p.a. auszugehen.

Für einen vollständigen Vergleich zwischen automatisiertem und menschlichem Fahren wären die durch menschliches Versagen verursachten Verkehrsunfälle mit den vermeintlich durch menschliches „Können“ verhinderten Verkehrsunfällen zu saldieren. Hierzu gibt es jedoch keine statistische Grundlage. Zudem ist noch nicht hinreichend erforscht, inwiefern die Fahrer aufgrund von HAF Fahrfertigkeiten, Reaktionsbereitschaft und Situationsbewusstsein verlieren.

8.4 Staukosten

Im Jahr 2014 gab es 960.000 km Stau auf Autobahnen in Deutschland (Statista 2015). Laut BASt waren im Jahr 2000 39% der Staus auf Autobahnen auf infrastrukturelle Engpässe, 26% auf Unfälle und rund 35% auf Arbeitsstellen zurückzuführen (Listl/Otto/Zackor 2007, S.1).

HAF kann insbesondere im Bereich der Unfallvermeidung und im Bereich der besseren Kapazitätsauslastung der Infrastruktur wirken. Hinsichtlich der Staus durch Arbeitsstellen hat HAF keine Auswirkung.

²⁴⁴ Eigene Berechnungen auf Basis von Puls 2013, S.11. Ein Schwerverletzter wird in der Regel mit 13 %, ein Leichtverletzter mit 1% des Werts eines Toten bewertet.

Laut BAST entstanden auf der Autobahn im Jahr 2000 Staukosten in Höhe von etwa 3,55 Mrd. € (List/Otto/Zackor 2007, S.57). Da eine neuere Untersuchung nicht vorliegt, werden diese Daten der weiteren Berechnung zugrunde gelegt. Um den Wert für das Jahr 2014 zu berechnen, muss a) die Inflation und b) die Stauzunahme berücksichtigt werden. Die mittlere Inflationsrate betrug zwischen 2000 und 2014 1,5 %. Die Staulänge auf Autobahnen ist zwischen 2002 und 2014 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 9,5% angestiegen. Zwischen 2000 und 2014 hat sich die Staulänge auf das 3,65 fache erhöht. Daraus leitet sich ein Wert für das Jahr 2014 in Höhe von 16,22 Mrd. € ab. Für das Jahr 2020 ergeben sich bei gleichbleibenden Stau-Steigerungsraten Staukosten in Höhe von 25,61 Mrd. € p.a. auf deutschen Autobahnen.

Für das Jahr 2013 entstanden laut Centre for Economics and Business Research (Cebr) hingegen 30,13 Mrd. € Staukosten für den gesamten Straßenverkehr in Deutschland. Außerdem prognostiziert das Cebr bis zum Jahr 2030 eine Steigerung der staubedingten Kosten um rund 33% (Cebr 2014, S.4). Da in der Cebr-Studie nicht nach Straßenarten differenziert wurde, wird der Autobahnanteil anhand des Anteils der Autobahnfahrleistung an der Gesamtfahrleistung berechnet (31%). Für das Jahr 2020 ergibt dies 10,5 Mrd. Staukosten für deutsche Autobahnen.

Da Arbeitsstellen weiterhin bestehen werden, können nur 65% der Staus durch HAF prinzipiell vermieden werden. HAF hat einerseits durch verkehrsoptimales Fahren und andererseits durch die Unfallreduktion Stauvermeidungspotenzial. Durch vermiedene Fehler beim Spurwechsel und eine effizientere Längsführung des Fahrzeugs kann eine Aufstauung vermieden werden. Die Effekte kommen jedoch erst ab bestimmten Schwellenwerten zum Tragen. Laut VW kann beispielsweise die infrastrukturelle Kapazität um drei Prozent gesteigert werden, wenn sich zehn Prozent der Fahrzeuge verkehrsoptimal verhalten (VW 2015).

Im Szenario 2 kann daher kein Effekt durch verkehrsoptimales Fahren erwartet werden. Bei dem HAF-Maximalszenario ist laut Expertenschätzungen von einer Bandbreite zwischen 50 – 80% für die Staureduktion durch verkehrsoptimales Fahren auszugehen (Expertenbefragung Fraunhofer). Die 50 - 80% Stauvermeidung durch verkehrsoptimales Fahren haben nur einen Wirkungsbereich bei engpassbedingten Stauursachen (39%), so dass die Bandbreite der Stauvermeidung durch verkehrsoptimales Fahren auf Autobahnen im Szenario 1 19,5 – 31,2% beträgt.

Für die Unfallvermeidung und einen Wirkgrad von 34,2 - 58,9% (vgl. Kap. 8.3) ergibt sich bezogen auf den Stauanteil, der durch Unfälle verursacht wird, ein Stauvermeidungspotenzial zwischen 8,8 und 15,3% in Szenario 1 und 0,06 - 0,1% in Szenario 2.

Insgesamt resultiert daraus durch HAF ein Stauvermeidungspotenzial in Höhe von 28,3 - 46,5% im Maximalszenario und zwischen 0,06 und 0,1% im HAF2020-Szenario.

Eine weitere Bandbreite ergibt sich aus den zwei beschriebenen Bewertungsansätzen (BAST mit 25,61 Mrd. € oder Cebr mit 10,5 Mrd. €).²⁴⁵

²⁴⁵ Beide Studien verwenden Modellrechnungen und Simulationen zur Bewertung der Staukosten anhand von Reisegeschwindigkeiten, die jeweils mit gewissen Unsicherheiten verbunden sind. Daher sind die Ergebnisse nicht eindeutig verifizierbar, speziell die Cebr Studie verwendet für Deutschland in großen Teilen Approximationen für den deutschen Straßenverkehr, sodass die Datenbasis fraglich ist. Ein weiterer

Aus den genannten Bandbreiten ergibt sich für das Referenzjahr 2020 ein Stauvermeidungsnutzen durch HAF im Gesamtszenario zwischen min. 2,98 Mrd. € und max. 11,9 Mrd. €. Berücksichtigt man nur den erwarteten HAF-Bestand 2020 (0,1%) liegt die Bandbreite zwischen 0,27 Mio. € und 0,66 Mio. €.

8.5 Fazit

Die berechneten Werte ergeben das in Tabelle 13 dargestellte Gesamtbild:

Tabelle 13: Volkswirtschaftliche Nutzeffekte von HAF

Kostenart	Szenario	Minimalwert	Maximalwert
		[in Mio. €/a]	[in Mio. €/a]
Treibstoffverbrauch	100% HAF	361,8	723,6
	0,1 % HAF	0,38	0,76
Luftverschmutzung	100% HAF	55,5	111
	0,1 % HAF	0,06	0,12
Unfallkosten	100% HAF	843	1451
	0,1 % HAF	0,88	1,53
Staukosten	100% HAF	2981	11912
	0,1 % HAF	0,27	0,66
Gesamtnutzen	100% HAF	4241,3	14197,6
	0,1 % HAF	1,59	3,07

Die Analyse ergibt basierend auf dem erwarteten HAF-Bestand in Deutschland im Jahr 2020 einen volkswirtschaftlichen Nutzen zwischen 1,59 Mio. € und 3,07 Mio. €. Bei einer vollständigen Marktdurchdringung von HAF-Fahrzeugen liegt das volkswirtschaftliche Nutzenpotenzial zwischen 4,2 und 14,1 Mrd. €/a.

Pro Fahrzeug entspricht dies im Jahr 2020 einem Wert in Höhe von 33 – 64 €/a. Mit steigenden HAF-Fahrzeugzahlen erhöht sich der Wert pro Fahrzeug, da überproportional hohe Stauvermeidungseffekte auftreten. Im Maximalszenario liegt der volkswirtschaftliche Nutzen zwischen 95 und 320 €/a.

Unterschied liegt im Bereich der Kostenfaktoren. Die BASt verwendet beispielsweise Kostensätze aus dem Entwurf des BVWP, wohingegen Cebr die durchschnittlichen Lohnkosten und Spritkosten anwendet.

Aufgrund der Annahmelastigkeit und der verbesserungswürdigen Datengrundlage sowie der erheblichen Bandbreiten bei der Monetarisierung ist die Aussagekraft dieser Zahlen grundsätzlich eingeschränkt. Es wird empfohlen, eine vertiefende Simulation auf Basis u.a. von Verkehrsflussmodellierungen durchzuführen, um so die volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Potenziale detaillierter quantifizieren zu können.

9 Industriepolitische Handlungsempfehlungen

Die Handlungsempfehlungen adressieren folgende Aktionsfelder:

- (1) Rechtsrahmen
- (2) Infrastrukturpolitik und Datenstandards
- (3) Wirtschaftspolitik
- (4) Forschungspolitik
- (5) Bildungspolitik
- (6) Übergreifende Maßnahmen

Die Handlungsempfehlungen adressieren einen kurz- bis mittelfristigen Zeithorizont. Sofern langfristige Empfehlungen definiert werden, ist dies gesondert kenntlichgemacht. Zudem finden sich Verweise zu den Kapiteln des Gutachtens, die den Handlungsempfehlungen zugrunde liegen.

(1) Handlungsfeld Rechtsrahmen

- ➔ Die zulassungsrechtlichen Voraussetzungen für HAF sollten zügig geschaffen werden, um international zum „Taktgeber“ zu werden. Insbesondere gilt dies für die auf dem Fahrzeugteileübereinkommen beruhenden ECE-Regelungen.
 - Geschwindigkeitsbereich für automatisierte Lenkanlagen sollte stark erhöht werden
 - Hauptverantwortung des Fahrzeugführers während automatisierter Lenkmanöver muss wegfallen
 - Automatisierter Fahrtrichtungsanzeiger sollte normiert werden (vgl. Kap. 5.5, 7.3.3).
- ➔ Prüfung der gesetzlichen Vorschrift eines Unfalldatenspeichers für hochautomatisierte Fahrzeuge (vgl. Kap. 5.2.2, 5.4.2).
- ➔ Die Voraussetzungen einer europäischen Interoperabilität von HAF sollten sichergestellt werden. Hierfür müssten StVO und weitere Straßenverkehrsregelungen (zum Beispiel solche, die die Straßenverkehrszeichen betreffen) der Mitgliedstaaten harmonisiert werden (vgl. Kap. 5.1.4.2).
- ➔ Es sollten datenschutzrechtlich zulässige Lösungen hinsichtlich der Verfolgbarkeit von Massendelikten (bspw. Geschwindigkeitsübertretungen und Abstandsvergehen) eruiert werden (vgl. Kap. 5.4, 5.4.3).

(2) Handlungsfeld Infrastrukturpolitik und Datenstandards

- ➔ Ein Aufbau von Car2Infrastructure-Technik kann auf Basis des heutigen Wissensstandes unter Kosten-Nutzen-Kalkülen nicht verlässlich empfohlen werden. Stattdessen sollten Car2Infrastructure-Funktionen im Rahmen einer Teststrecke erprobt und auf ihren Mehrwert, auch gegenüber anderen Vernetzungskonzepten, hin evaluiert werden (vgl. Kap. 4.8.6).
- ➔ Es sollte vermieden werden, dass ein lückenhaftes Mobilfunknetz die Marktentwicklung automatisierter Fahrzeuge behindert. Daher sollte die Abdeckung des LTE-Mobilfunknetzes, speziell entlang der BAB geprüft und sichergestellt werden. Außerdem muss sichergestellt sein, dass auch bei großer Nutzerzahl die Verbindung stabil aufrechterhalten werden kann (vgl. Kap. 4.8.5).
- ➔ Sicherheitsrelevante Informationen, beispielsweise über Wetterverhältnisse, Unfälle, Baustellen oder Tempolimits sollten allen vernetzten Verkehrsteilnehmern in gleicher Aktualität und Qualität zur Verfügung stehen (vgl. Kap. 4.8).

- Es sollte geprüft werden, ob eine „Verkehrsdatenplattform“ für vernetzte und automatisierte Fahrzeuge betrieben werden sollte, die entweder relevante Informationen direkt an die Fahrzeuge, oder zentral an die einzelnen Hersteller-Backends sendet. Mit Converge und MDM sind wesentliche Voraussetzungen hierfür bereits geschaffen. Zudem muss geprüft werden, welche Sicherheitsanforderungen sowie welche Regulierungsnotwendigkeit daraus hervorgehen. Hierzu zählt auch die Frage, inwiefern die Weitergabe sicherheitsrelevanter Daten (durch Floating Car Data) verpflichtend sein sollte (vgl. Kap. 4.8.2, 4.8.6).
- Hierfür wäre die Einführung technischer Datenstandards erforderlich, damit alle Hersteller die geteilten Daten im selben Format bereitstellen und empfangen können. Ebenso muss definiert werden, welche Daten in welcher Form geteilt werden sollten und welche Art der Datenübertragung und Kommunikationstechnologie benötigt wird. Mit dem Kauf des Unternehmens HERE durch das Konsortium bestehend aus Audi, BMW und Daimler ist eine gute Grundlage geschaffen. Es müssen die Schnittstellen zu anderen Plattformen wie beispielsweise von TomTom/Bosch definiert werden (vgl. Kap. 4.8.2, 4.8.6, 7.7).
- Ggf. Aufbau einer intelligenten Verkehrsinfrastruktur – Sollten die Testfelder ergeben, dass kommunikationsfähige Infrastruktur einen signifikanten Mehrwert bringt, würde dies einen zügigen Aufbau und eine Klärung der Organisations-, Betreiber und Finanzierungsfragen erfordern. (*langfristiger Handlungsbedarf*)

(3) Handlungsfeld Wirtschaftspolitik

Förderung von Start-Ups

- Es sollten Maßnahmen zur Verbesserung der Bedingungen für Start-Up-Unternehmen eingesetzt werden. Hierzu gehören die Vereinfachung des Börsenzugangs, die Verbesserung des Zugangs zu Risikokapital, die Schaffung der Möglichkeit von steuerwirksamen Sofortabschreibungen beim Erwerb von Start-Up-Beteiligungen, die Erhaltung von Verlustvorträgen bei der Veräußerung von Start-Up-Anteilen und die Schaffung von Ausnahmen von der Mindestbesteuerung für junge Unternehmen (vgl. Kap. 7.3.1.4).
- Mobilitäts-Start-Ups sollten gezielt gefördert werden (bspw. „Förderprogramm Digital Automotive Startup“). So könnten Plattformen oder Förderprogramme konzipiert werden, die speziell junge Unternehmen mit Innovationsideen im Bereich intelligenter Mobilität bei der Gründung, Anlauffinanzierung und in der Erschließung von Marktzugängen unterstützen (vgl. Kap. 9.1.2).

Leitanbieterförderung

- Unterstützung der Unternehmen am Standort Deutschland bei der Einrichtung einer modularen und skalierbaren Produktion und agilen Entwicklungsmethoden für HAF, um den Hochlauf bzw. den schnellen Wechsel bei Stückzahlen und Anforderungen an HAF-Systeme sowohl intra- als auch interorganisatorisch hinsichtlich technischen und kostenseitigen Aspekten gerecht zu werden. Ggf. müssen hierzu Entwicklungs- und Qualitätssicherungsprozesse sowie Organisationsstrukturen angepasst werden.
- Die sich verkürzenden Entwicklungszyklen und schnell wandelnden Anforderungen stellen insbesondere KMUs vor erhebliche Herausforderungen. Daher sollten die Lieferantennetzwerke ganzheitlich eingebunden werden.
- Bisher nicht aktive Unternehmen der Automobil- und Zulieferindustrie sollen befähigt werden, Wertschöpfungspotenziale im System HAF zu definieren.

- Es ist zu prüfen, wie die ggf. bereits vorhandenen komparativen Vorteile der deutschen Halbleiterindustrie bei der Herstellung Automotive-spezifischer Lösungen für automatisiertes und vernetztes Fahren gestärkt werden können. Es ist absehbar, dass sich die Anforderungen an die Halbleitertechnologie mit zunehmendem Automatisierungsgrad deutlich erhöhen werden. Eine weitere Förderung von Forschungsprojekten zur Verbesserung von Rechenleistung und Energieeffizienz der Komponenten, wie sie u.a. in der Förderrichtlinie "Elektroniksysteme für das vollautomatisierte Fahren (ELEVATE)" des BMBF vorgesehen ist, wird daher empfohlen. Zudem sollte die Forschungsförderung im Bereich der Technologien mit Förderprojekten verbunden werden, in denen Technologieförderung, Technologiefrühaufklärungsmaßnahmen und Potenzialanalysen für Unternehmen der Halbleiterindustrie, speziell KMUs, durchgeführt werden.
- Ausländischer Unternehmen sollen motiviert werden, Entwicklungstätigkeiten am Standort Deutschland durchzuführen (Kap. 7.8).

Leitmarktförderung

- Es sollte die aktive Förderung der Verbreitung von ADAS und HAF-Systemen durch rechtliche oder finanzielle Anreize geprüft werden (vgl. Kap. 7.3.2.1). Die mit der HAF-Fahrzeuganzahl überproportional ansteigende volkswirtschaftliche Vorteilhaftigkeit hochautomatisierter Fahrzeuge sollte sich im Marktpreis widerspiegeln. Hierfür kommt ein Bonus-Malus-System infrage, das ggf. mit den (künftigen) Anreizmechanismen für Elektrofahrzeuge integriert werden könnte. Da die meisten Fahrzeuge der Oberklasse und oberen Mittelklasse gewerblich zugelassen werden, sollte sichergestellt werden, dass insbesondere für diese Kundengruppe in der Markteinführungsphase die richtigen Anreize bestehen. Ggf. sollte frühzeitig ein Dialog mit den entsprechend verantwortlichen Fuhrparkmanagern und Einkäufern geführt werden.
- Zudem sollte darauf geachtet werden, dass sich die Diffusion aus dem Oberklassen-Segment in preisgünstigere Fahrzeugklassen (zunächst Kompakt- und Mittelklassefahrzeuge) schnell vollzieht (vgl. Kapitel 3.2.2). Dabei spielt die soziale Komponente eine wichtige Rolle, da vermieden werden sollte, dass Käufer hochpreisiger Fahrzeuge einseitig finanziell unterstützt werden, während Käufer günstiger Fahrzeuge keinen Zugang zu aktiven Sicherheitssystemen erhalten.

(4) Handlungsfeld Forschungspolitik

- Generell sollte bei Förderprogrammen die Zusammenarbeit verschiedener Branchen oder das Aufzeigen von Synergien als positives Förderkriterium in die Evaluation von Forschungsvorhaben einbezogen werden.

Bereich volkswirtschaftliche Potentiale

- Wissenschaftlicher Nachweis der volkswirtschaftlichen Nutzenpotentiale und Risiken von HAF: Die Politik hat die Aufgabe, die Gesellschaft über den Nutzen, aber auch über die Risiken, neuer Technologien aufzuklären. So ist es einerseits geboten, den tatsächlichen Nutzen von HAF-Systemen wissenschaftlich nachzuweisen und andererseits auch die potentiellen Risiken in die öffentliche Diskussion einzubringen. Hierzu wird eine (Verkehrs-)Simulation verschiedener Automatisierungsszenarien auf Autobahnen angeregt (vgl. Kap. 8.5).

Bereich Technologie

- Entwicklung von Test- und Freigabeverfahren für HAF, insbesondere frühzeitige Klärung der Anforderungsumfänge (vgl. Kap. 4.5.5, 4.9, 4.10).
- Definition von Methoden und Vorgaben für die Einspielung und Überprüfung von Updates für Automatisierungsfunktionen (vgl. Kap. 3.1.3)

- Erforschung des Potenzials vollautomatisierter Mobilitätsysteme, insbesondere Schnittstellen zwischen ÖPNV und MIV mittels vollautomatisierter Fahrzeuge: Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, durch die gezielte Förderung von Pilotprojekten zu vollautomatisierten Fahrzeugen dazu beizutragen, dass die deutsche Industrie auch den revolutionären Entwicklungspfad im Auge behält. Es wird als wichtig erachtet, dass die Automobilindustrie auch dort eigene Erfahrungen sammelt und so in Zukunft für die Umsetzung vollautomatisierter Mobilitätskonzepte und die Transformation ihres eigenen Geschäftsmodells vorbereitet ist (vgl. Kap. 7.5, 7.6).
- Mensch-Maschine-Interaktion, insbesondere die Rückübertragung der Fahraufgabe an den Fahrer und Effekte auf die Fahrfähigkeiten bei dauerhafter Nutzung („Überforderung durch Unterforderung“); Aggregation und Konsolidierung bestehender Forschungsergebnisse in den Bereichen Fahrerzustandserkennung und Übernahmezeiten (vgl. Kap. 4.6.1).
- Fortentwicklung der IT-Security-Methoden (Verschlüsselungstechniken, Penetration-Tests, etc.) und Definition von Methoden und Vorgaben für die Sicherstellung von IT-Sicherheit und Datenschutz (auch für Over-the-Air-Updates von Automatisierungsfunktionen) (vgl. Kap. 4.9)
- Evaluation von Maßnahmen zur Reduktion der Komplexität des Autobahnverkehrs um das Auftreten von Systemgrenzen zu reduzieren (z.B. einheitliches Tempolimit) (vgl. Kap. 7.3.2.5). (langfristiger Handlungsbedarf)
- Förderung der Entwicklung neuer Fahrzeugkonzepte für vollautomatisiertes/autonomes Fahren (vgl. Kap. 7.5, 7.6)
- Erforschung ethisch/moralischer Fragestellungen für spätere, fortgeschrittene Automatisierungsszenarien (vgl. Kap. 5.1.4.3).

Bereich Testfelder und -bedingungen

- Es sollte ein transparenter und national standardisierter Genehmigungsprozess für das Testen hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen etabliert werden (vgl. Kap. 6.7).
- Es sollten zusätzlich spezielle Teststrecken mit kommunikationsfähiger Infrastruktur eingerichtet werden (vgl. Kap. 6.7).
- Im Rahmen der Konzeption sowie der Realisierung dieser Testfelder ist die Einbindung aller beteiligten Akteure sowohl von Seiten der Industrie (inkl. KMU) als auch von Seiten der Forschung zur Definition der technischen Ausstattung und der zu testenden Use-Cases erforderlich (vgl. Kap. 6.7)..
- Hierbei wird weiterhin empfohlen, auch ein Augenmerk auf die Umsetzung urbaner Testszenerien zu legen, da der revolutionäre Ansatz autonomer Fahrzeugsysteme parallel zur evolutionären Automatisierung verfolgt werden sollte. Hierfür sollten Testmöglichkeiten sowohl auf dedizierten Testfeldern, als auch als auch in Form von Feldversuchen im öffentlichen Raum geschaffen werden. Hierzu ist ein Dialog mit Städtevertretern zu beginnen (vgl. Kap. 7.6.3).
- Prüfung der Einrichtung einer eigens geschaffenen Instanz („Betreiber-gesellschaft“), welche den technischen und organisatorischen Testbetrieb koordiniert und für alle interessierten Akteure einen gleichberechtigten Zugang sicherstellt.
- Auch ausländische Hersteller sollten zum Testen auf deutschen Autobahnen motiviert werden, womit Standortverlagerungen dieser Hersteller nach Deutschland verbunden sein können (vgl. Kap. 6.7).

(5) Handlungsfeld Bildungspolitik

- Es bedarf eines vertiefenden Abgleichs des zukünftigen quantitativen und qualitativen Bedarfs an Fachkräften im Bereich der Fahrzeugautomatisierung mit den aktuellen Qualifikationsprofilen und Absolventenzahlen. Sollte hierbei ein entsprechender Mangel an IT-Fachkräften festgestellt werden, wird empfohlen, die Einrichtung entsprechender Lehrstühle und Forschungseinrichtungen zu fördern, die sich gezielt mit den entstehenden Schnittstellen zwischen Automobil- und IT-Branche beschäftigen. Hierbei sollte neben fahrzeugbezogenen Themen auch die systemische Seite der Verkehrsplanung und Datenanalyse mit einbezogen werden (vgl. Kap. 7.3.1).
- Weiterhin sollte das Thema Weiterqualifizierung und Umschulung eingehend betrachtet werden. Es sollten Analysen durchgeführt werden, inwieweit die Veränderung der Kompetenzanforderungen Einflüsse auf die bestehende Belegschaft hat und welche - auch kulturellen - Vermittlungsbedarfe zwischen den Angestellten verschiedener Qualifikationen bestehen (vgl. Kap. 7.3.1).

(6) Übergreifende Maßnahmen

- Im politischen Raum sollte eine weitere undifferenzierte Verwendung der Begrifflichkeiten vermieden werden (vgl. Kap. 1.2).
- Das Thema des automatisierten Fahrens sollte nicht aus einer Vielzahl separater Perspektiven von Automobilindustrie, Verkehrsplanung oder Rechtssystem betrachtet und bearbeitet werden, sondern anhand einer klaren Zielhierarchie von der öffentlichen Hand ganzheitlich vorangetrieben werden. Es wird die Gründung einer Ministerien-übergreifenden Instanz empfohlen, welche ohne ressortbedingte Prägung Kompetenzen innerhalb des deutschen Politiksystems bündelt, um Roadmaps und wünschenswerte Rahmenbedingungen zu definieren und den Austausch mit Industrie, Wissenschaft und weiteren Stakeholdern zu vereinfachen (vgl. Kap. 6.7.2, 9.1.2).
- Es wird die Durchführung von Kompetenz- und Anwendungsrecherchen zur Evaluation des Transferpotenzials von HAF-Technologien und Know-how in andere Branchen empfohlen (vgl. Kap. 7.3.3).
- Die Vernetzung branchenfremder Akteure mit der Automobilindustrie und der Wissenschaft sollte speziell mit dem Fokus auf Konnektivität und Automatisierung institutionalisiert werden. Denkbar ist hierzu beispielsweise eine einmal jährlich stattfindende Konferenz.
- Formulierung des politischen Ziels eines hohen Streckenfreigabeanteils für HAF-Funktionalitäten, um die Anzahl an Situationen, in denen Systemgrenzen erreicht werden, zu minimieren, und somit zur Erreichung einer Leitmarktposition beizutragen (vgl. Kap. 7.2).
- Ausgehend von einer Analyse industriepolitischer Risiken bspw. durch neue Geschäftsmodelle, technologische Trends oder Wettbewerbsbeschränkungen sollte ein Prozess der industriepolitischen „Frühaufklärung“ analog zur „Technologiefrühaufklärung“ in Unternehmen etabliert werden. Hierbei sollten internationale Aktivitäten und Projekte unter Einbeziehung der rechtlichen Rahmenbedingungen, Analyse der eingesetzten Technologien, Analyse der beteiligten Akteure und potentieller Kunden, etc. bewertet werden. Zudem sollte ein Monitoring besonders relevanter Trends und Projekte erfolgen. Hierdurch lassen sich Risiken und Chancen für den Standort Deutschland identifizieren sowie politische Handlungsbedarfe und Prioritäten bei der Forschungsförderung ableiten (vgl. Kap. 6).
- Prüfen neuer Verkehrskonzepte mit automatisierten Pkw auch in Bezug auf den öffentlichen Verkehr. Langfristig könnten automatisierte und autonome Fahrzeuge einen Einfluss auf das gesamte Verkehrssystem haben und zu neuen Transportketten und einem veränderten Modal Mix führen. Anbieter

von öffentlichen Verkehrsdienstleistungen müssen daher die Implikationen auf ihr Geschäft prüfen. Chancen ergeben sich dabei ggf. insbesondere für den unter Daseinsvorsorgegesichtspunkten geförderten ÖPNV. Sollte dieser „attraktivere“ Dienstleistungen anbieten können, könnte sich dies auch zu einer Neustrukturierung der Finanzierung des öffentlichen Verkehrs führen. *(langfristiger Handlungsbedarf)*

10 Zentrale Ergebnisse und Implikationen des Gutachtens

- Die inkonsistente Begriffsverwendung („autonom“, „hochautomatisiert“, „vollautomatisiert“) in den Medien und der politischen Diskussion sind ein nicht zu unterschätzendes Problem. Unter anderem aufgrund der Begriffskonfusion wird in den Medien oftmals eine nicht zutreffende Erwartungshaltung an das „autonome“ Fahren vermittelt und es werden dessen Anwendungsumfänge und/oder dessen zeitliche Verfügbarkeit falsch dargestellt. Die Differenzierung verschiedener Automatisierungsgrade ist aber zentral für die Analyse und Definition von rechtlichen Regelungen, Testvorgaben und Forschungsförderungen. Diesbezüglich sollte zumindest in der politischen Diskussion eine einheitliche Begriffsverwendung sichergestellt werden.
- Die gute Ausgangsposition der deutschen Industrie bezüglich HAF zeigt sich bereits im globalen Markt für ADAS, auf dem Europa und USA die wichtigsten Absatzregionen sind. Das globale Marktvolumen betrug im Jahr 2014 4,38 Mrd. €. Deutschland ist in diesem Markt derzeit Leitanbieter.
- Am Standort Deutschland wurde 2014 mit ADAS eine Wertschöpfung in Höhe von 546 Mio. € generiert. Damit gehen 5.413 Beschäftigte einher. Addiert man die induzierte Beschäftigung in anderen Wirtschaftszweigen sowie die Beschäftigten aufgrund von Entwicklungsinvestitionen in ADAS und HAF hinzu, induzieren (hoch)automatisierten Fahrfunktionen derzeit ca. 12.000 - 15.000 Beschäftigte in Deutschland.
- Einer Einführung von HAF auf deutschen Autobahnen bis zum Jahr 2020 stehen keine grundsätzlichen technischen Hindernisse entgegen. Die wesentlichen Technologien sind entweder bereits heute serienreif oder in einem seriennahen Entwicklungszustand. Trotz der hohen Reife der einzelnen Komponenten gibt es noch eine Reihe von Entwicklungs Herausforderungen auf Systemebene zu bewältigen. So ist beispielsweise die erforderliche Qualität und Robustheit der Lokalisierung sowie der Situationsanalyse und -prädiktion deutlich höher als bei heutigen Assistenzsystemen. Kritische Themen sind die IT-Sicherheit, die funktionale Sicherheit und die Test- und Validierungsprozesse. Alle Unternehmen, die an der Entwicklung von HAF-Funktionen beteiligt sind, sind jedoch zuversichtlich, diese Aufgaben bis 2020 gelöst zu haben.
- Autonome Fahrzeuge mit heute üblichen Geschwindigkeiten und Leistungsmerkmalen auf öffentlichen Straßen sind als Marktangebot nicht vor 2030 zu erwarten. Neue autonome Mobilitäts- und Fahrzeugkonzepte in beschränkten Anwendungsgebieten bzw. mit beschränkten Funktionsumfängen (u.a. Niedriggeschwindigkeiten, private Areale) werden hingegen parallel zur Einführung hochautomatisierter Fahrfunktionen erwartet.
- Die Schaffung der rechtlichen Rahmenbedingungen gehört zu den drängenden Herausforderungen auf dem Weg zur Marktreife des hochautomatisierten Fahrens. Die Sicherstellung der Einhaltung der (internationalen) Verkehrsregeln automatisierter Fahrzeuge kann nicht in der StVO erfolgen, sondern ist zulassungsrechtlich sicherzustellen. Wird das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr geändert, sind zukünftig für die Frage der Fahrzeugautomatisierung die ECE-Regelungen maßgebend. Zur Zulassung hochautomatisierten Fahrens muss der Geschwindigkeitsbereich für automatisierte Lenkanlagen stark erhöht werden und die Hauptverantwortung des Fahrzeugführers während automatisierter Lenkmanöver müsste wegfallen. Es bedarf weiterhin der Normierung automatisierter Fahrtrichtungsanzeiger. Von der Beherrschungspflicht des Fahrers in der StVO kann abgerückt werden,

wenn zulassungsrechtlich sichergestellt ist, dass das System in der Lage ist, die Regeln der StVO analog anzuwenden. Langfristig sollte eine internationale Harmonisierung der Verkehrsregeln und -zeichen angestrebt werden.

- Bei Schäden im Zusammenhang mit automatisierten Fahrzeugen entstehen keine Haftungslücken. Werden die derzeitigen Regelungen unverändert beibehalten, wird es jedoch voraussichtlich zu einer zunehmenden Haftungsverlagerung von Haltern zu Herstellern kommen. Um haftungs-, straf- und ordnungsrechtliche Verantwortungsbereiche besser abgrenzen zu können, wäre zu prüfen, durch entsprechende gesetzliche Regelungen das Vorhandensein eines Unfalldatenspeichers für hochautomatisierte Fahrzeuge verpflichtend zu machen. Dies darf nur unter angemessener Berücksichtigung der hohen Datenschutzerfordernisse in diesem Bereich erfolgen
- Es sind Situationen denkbar, in denen ein Mensch getötet oder verletzt wird, aber niemand strafrechtlich verantwortlich ist, weil das System „schuld“ hat. Ob dies akzeptiert werden kann, bedarf der ethisch-moralischen Diskussion und schließlich der Entscheidung durch die Politik.
- Andere Länder (auch die USA) verfügen über keine grundsätzlichen und langfristigen Vorteile bei der Schaffung der rechtlichen Rahmenbedingungen. Der häufig in den Medien angeprangerte politische „Rückstand“ auf andere Länder kann nicht bestätigt werden. Lediglich was die offizielle Formulierung von politischen und technischen Roadmaps und nationalen Zielsetzungen betrifft, haben einige Wettbewerbsländer einen zeitlichen Vorsprung.
- Der Markt für ADAS wächst bis 2020 sehr stark und erreicht 2020 ein globales Marktvolumen in Höhe von 17,3 Mrd. €.
- Der Automobilstandort Deutschland weist eine spezifische Produktstruktur mit hohen Produktionsanteilen des Standorts am globalen Markt für Premiumfahrzeuge (34%) und sehr hohen Produktionsanteilen am globalen Markt für Oberklassefahrzeuge (69%) auf. Zudem ist Deutschland bereits bei teilautomatisierten Fahrzeugen führend. Hierdurch ist Deutschland zunächst prädestiniert für eine Leitanbieterschaft im Bereich HAF. Zudem hat der Automobilstandort Deutschland eine spezifische Industriestruktur mit hohen Entwicklungsanteilen am Standort. Knapp die Hälfte der Entwicklungstätigkeiten der für HAF relevanten deutscher Zulieferunternehmen findet am Standort Deutschland statt, bei den Herstellern sind es sogar über 90 %. HAF kommt den Kernkompetenzen der deutschen (Automobil)Industrie grundsätzlich entgegen. HAF-Systeme basieren nicht wesentlich auf Rohstoffen, haben eine hohe technische Komplexität und setzen einen großen Entwicklungsaufwand voraus.
- Im Jahr 2020 wird übergreifend für ADAS und HAF eine Wertschöpfung in Deutschland in Höhe von 2,23 Mrd. € erwartet – wenn die Markt- und Standortanteile der Hersteller und Zulieferer, sowie die Leistungstiefen des Jahres 2014, gehalten werden. Damit gehen 20.080 Beschäftigte in der Automobilindustrie einher.
- Die Wertschöpfung im gesamten Bereich der Fahrerassistenzsysteme und der hochautomatisierten Fahrfunktionen am Standort Deutschland wird im Jahr 2025 auf rd. 8,8 Mrd. EUR geschätzt. Damit gehen ca. 70.000 Beschäftigte innerhalb der Automobilindustrie einher, zudem wird eine Beschäftigung von knapp 50.000 in der Vorleistungskette induziert.
- Aufgrund der Vorlaufzeit der Entwicklungstätigkeiten ist damit zu rechnen, dass ein Teil der Leistungserstellung bereits vor 2025 erfolgt und die damit verbundenen Beschäftigungseffekte in Teilen ebenso bereits vorher eintreten.
- Ca. die Hälfte der Wertschöpfung und Beschäftigung wird auf den Bereich Software (Entwicklung von Funktionen und Algorithmen, Validierung, Datenanalysen) entfallen.
- Aufgrund des hohen Fixkostenanteils softwarebasierter Produkte besteht für die Hersteller der HAF-Systeme der Anreiz für eine sehr schnelle

Marktdiffusion. Es wird erwartet, dass der globale Markt für HAF insbesondere zwischen 2020 und 2025 ein sehr starkes Wachstum aufweisen wird und von 0,2 Mio. Fahrzeugen p.a. auf über 6 Mio. Fahrzeugen p.a. ansteigen wird.

- Vollautomatisiertes und autonomes Fahren weisen grundsätzlich Merkmale einer disruptiven Innovation auf. Derzeit verfügt kein potenzieller Wettbewerber einen klaren Entwicklungsvorsprung gegenüber der deutschen Industrie. Da disruptive Innovationen jedoch häufig in Nischen beginnen, sind die Aktivitäten in anderen Ländern, insb. von branchenfremden Akteure, im Bereich autonomer Fahrzeuge mit großer Aufmerksamkeit zu verfolgen.
- Hochautomatisierte Fahrzeuge generieren 2020 einen volkswirtschaftlichen Nutzen pro Fahrzeuge zwischen 33 und 64 €. Im Maximalszenario einer vollständigen Marktdurchdringung mit hochautomatisierten Fahrzeugen wächst dieser Wert auf 95 bis 320 Euro an.
- Nebentätigkeiten im Rahmen des hochautomatisierten Fahrens ermöglichen die Nutzung konnektivitätsbasierter Applikationen und Services (wie beispielsweise Streamingdienste oder Location based Services). Hierdurch lässt sich ein Umsatzpotenzial in der Höhe von niedrigen zweistelligen Euro-Beiträgen pro HAF-System/Jahr im Pkw-Sektor realisieren. Somit sind die Potenziale bezogen auf HAF zunächst beschränkt. Industriepolitisch ist das Thema Nebentätigkeiten dennoch relevant, da die wirtschaftlichen Potenziale mit Anwendungsumfang und Grad der Automatisierung stark ansteigen. Insbesondere ab dem vollautomatisierten Fahren könnten hierbei neue Geschäftsmodelle und Serviceangebote entstehen. Aufgrund der derzeit besseren Wettbewerbsposition insbesondere amerikanischer IT-Unternehmen in diesen Märkten, besteht die Gefahr, dass ein Großteil der mit diesen Serviceumsätzen einhergehenden Wertschöpfung jedoch nicht in Deutschland generiert wird
- Der Produktions- und Entwicklungsstandort Deutschland hat hinsichtlich HAF gegenüber anderen Standorten Vorteile, da Deutschland derzeit Technologieführer in wesentlichen Feldern ist (insb. Fahrerassistenz, Aktorik und Radarsysteme) und der Standort durch hohe F&E-Investitionen der Industrie als auch eine hohe Anzahl an relevanten Publikationen und Patenten gekennzeichnet ist. Nachteile bestehen in den derzeit noch langwierigen Abstimmungsprozessen innerhalb des politischen Feldes sowie den geringen Aktivitäten von Start-Up-Unternehmen.
- Als Markt hat Deutschland gegenüber anderen Märkten Vorteile, da eine hohe Rechtssicherheit und eine kalkulierbare Haftungssituation vorliegen, Kunden von Premium- und Oberklassefahrzeugen eine hohe Zahlungsbereitschaft für Sonderausstattungen aufweisen, HAF Use-Cases häufig auftreten und eine gute Straßenqualität und strukturierte Umgebungsbedingungen auf Autobahnen gegeben sind. Nachteile bestehen in der Leistungsfähigkeit des Mobilfunknetzes sowie aufgrund der Komplexität des deutschen Autobahnverkehrs.

Literaturverzeichnis

ABI. EG (2008): Nr. C 115 vom 09.05.2008. Konsolidierte Fassung des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union. S.47-200.

ACEA (2015): Data Protection in Relation to Connected Vehicles and Services.

ADAC (2012): ADAC Test Assistenzsysteme 2012 – BMW 5er. URL: https://www.adac.de/infotestrat/tests/assistenzsysteme/assistenzsysteme_2012/assistenzsysteme_bmw.aspx [letzter Zugriff: 04.08.2015]

ADAC (2015a): Assistenzsysteme – ADAC-Test Verkehrszeichenerkennung. URL: <https://www.adac.de/infotestrat/tests/assistenzsysteme/verkehrszeichenerkennung/default.aspx?ComponentId=54194&SourcePageId=31956> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

ADAC (2015b): Automatischer Notruf mit Standort-Übermittlung - Was ist eCall? URL: https://www.adac.de/infotestrat/unfall-schaeden-und-panne/ecall_gps_notruf/default.aspx (letzter Zugriff 12.08.2015)

ADAC (2015c): Blackbox ist unnötig. URL: <https://www.adac.de/infotestrat/adac-im-einsatz/motorwelt/Blackbox.aspx>. [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Ahrens, D. (2014): Parkassistent mit Längs- und Querführung. URL: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1142099/1142099.pdf> [letzter Zugriff 06.08.2015]

Aicher, C. (2014): ADAC Motorwelt 2014, S.20.

Albrecht, F. (2005): Die rechtlichen Rahmenbedingungen bei der Implementierung von Fahrerassistenzsystemen zur Geschwindigkeitsbeeinflussung. In: DAR 2005 (4), S. 186-197.

Alix Partners (2014): Caution: Blind Curves Ahead: The Alix Partners Global Automotive Outlook.

Altinger et al. (2013): Piloted Parking Within Parking Garages: URL: http://www.researchgate.net/publication/261874222_Pilotiertes_Parken_im_Parkhaus [letzter Zugriff: 04.08.2015]

American Automotive Policy Council (2014): State of the U.S. Automotive Industry. URL: http://www.americanautocouncil.org/sites/default/files/State_Of_The_US_Automotive_Industry_2014.pdf [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Applanix (2015): Lokalisierungstechnik für mobile Anwendungen. URL: <http://www.applanix.com/products.html> [letzter Zugriff: 15.08.2015]

A.T. Kearney (2012): Kremlicka, R. (2012): „Megatrends in der Automobilindustrie und ihre Auswirkungen auf den AC Centropo“, Jahresevent Mobilitätscluster Wien, 30.01.2012, Wien.

Audi (2014): Mit Audi immer auf dem neusten Stand: Online-Update für Navigationskarte. URL: <https://www.audi-mediacycenter.com/de/pressemitteilungen/mit-audi-immer-auf-dem-neusten-stand-online-update-fuer-navigationskarte-458> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

- Audi** (2015a): Aktiver Spurhalteassistent. URL: <http://www.audi-electronics-venture.de/aev/brand/de/projekte/spurhalteassistent.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Audi** (2015b): Audi pre sense. URL: <http://www.audi-technology-portal.de/de/elektrik-elektronik/sicherheitssysteme/audi-pre-sense> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Audi** (2015c): Audi Lexikon – Audi side assist. URL: http://www.audi-electronics-venture.de/aev/brand/de/tools/advice/glossary/audi_side_assist.browser.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Audi** (2015d): Audi side assist inklusive pre sense rear und Audi active lane assist. URL: http://www.audi.de/de/brand/de/neuwagen/a6/a6-limousine/summary.mediathek_infolayer.GPCDPCD.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Audi** (2015e): Audi side assist und Audi active lane assist. URL: http://www.audi.de/de/brand/de/neuwagen/a3/s3.mediathek_infolayer.MSPU7Y5.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Audi** (2015f): AUDI Connect. URL: <http://www.audi.de/de/brand/de/neuwagen/layer/audi-connect-lp.html>. [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- auto motor und sport** (2014): Infotainmentsystem Erweiterung – BMW entwickelt eine Datenbrille für Fahrer. URL: <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/infotainmentsystem-erweiterung-bmw-entwickelt-eine-datenbrille-fuer-fahrer-774546.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- Barbaresso, J. et al.** (2014): USDOT's Intelligent Transportation Systems (ITS) Strategic Plan 2015-2019. URL: <http://www.its.dot.gov/strategicplan.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Bainbridge, L.** (1983): Ironies of Automation. In: Automation. Vol. 19 (6), S.775-779.
- Bartels, A.** (2012): Intelligenz im Automobil der Zukunft. URL: http://www.verkehrskolloquium.de/wp-content/uploads/2015/03/Vortrag_Bartels_120202.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Bartels, A.** (2014): Einführung des Automatisierten Fahrens. URL: https://www.dvr.de/download/ps_2014-11-24_bartels.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Bartels, A. et. al.** (2015): Querführungsassistent. In: Winner, H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 937-958.
- Bartels, A./Meinecke, M./Steinmeyer, S.** (2015): Fahrstreifenwechselassistent. In: Winner, H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 959-974.
- Bartels, A./Ruchatz T.** (2015): Einführungsstrategie des Automatischen Fahrens. In: at – Automatisierungstechnik 63 (3), S.168–179.
- Bartl, S.** (2012) LIDAR – Sensorik in Automobilapplikationen. URL: http://www.leibniz-institut.de/ss2012/bartel_lidar-sensorik-automobilapplikationen.pdf [letzter Zugriff 05.08.2015]

- Barr, A.** (2015): Google's Self-Driving Cars Hit Regulatory Traffic. URL: <http://english.capital.gr/News.asp?id=2258612> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- BASt** (2014): Vehicle Automation: Definitions, legal aspects, research needs. URL: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/events/2014/Joint_BELGIUM-UNECE_ITS/07_ITS_Nov2014_Tom_Gasser__BASt.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Bayer, B. et al** (2012): Elektromechanische Bremssysteme, In: Winner, H./Hakuli, S./Wolf, G. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 271-284.
- Bayer, B. et al.** (2015): Elektromechanische Bremssysteme. In: Winner, H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 579-590.
- BayernLB Research** (2014): Branchenupdate Automotive. URL: http://www.wuppertal.ihk24.de/blob/wihk24/innovation_und_umwelt/downloads/1407986/f71012b5888dfce7befe196d96f489d7/Branchenupdate_Automotive-data.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- BBC News** (2012): Driverless Car: Google awarded US patent for technology. URL: <http://www.bbc.com/news/technology-16197664> [letzter Zugriff: 26.08.2015]
- Becker, S. et al.** (2014): Bosch's Vision and Roadmap Toward Fully Autonomous Driving. In: Meyer, G./Beiker, S. (Hrsg.): Road Vehicle Automation. S. 49-59.
- Becker, U./Becker, T./Gerlach, J.** (2012): Externe Autokosten in der EU-27. Überblick über existierende Studien. URL: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/oeko/dateien/The_true_costs_of_cars_D E.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Benee, R.** (2015): Smart transportation coalition forms to promote tech to lawmakers. URL: <http://www.autonews.com/article/20150414/oem06/150419943/smart-transportation-coalition-forms-to-promote-tech-to-lawmakers> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Bermann, B.** (2015): Lower-cost lidar is key to self-driving future. SAE International. URL: <http://articles.sae.org/13899> [letzter Zugriff: 05.08.2015]
- Bernhart, W. et al.** (2014): Think Act – Autonomous Driving. URL: http://www.rolandberger.ch/media/pdf/Roland_Berger_TABAutonomousDrivingfinal20141211.pdf [letzter Zugriff: 26.08.2015]
- Bertram, T./Torlo, M.** (2002): Globale dynamische Fehlertoleranz – Systemverbund als Basis für sichere X-by-Wire-Systeme. Automobiltechnische Zeitschrift 11/2002, S. 12.
- Berylls** (2015): Automatisiertes Fahren – The next big thing!?. URL: http://www.berylls.com/media/wissen/veroeffentlichungen/150304_Sonderdruck_AI_003.2015_Berylls_ansicht.pdf [letzter Zugriff: 26.08.2015]
- Bewersdorf, C.** (2003): Zur Vereinbarkeit von nicht-übersteuerbaren Fahrerassistenzsystemen mit dem Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr vom 8. November 1968. In: NZV 2003 (6), S. 266-271.
- Bibliographisches Institut GmbH Duden-Verlag** (2013): Eintrag zu „beherrschen“. URL: <http://www.duden.de/rechtschreibung/beherrschen> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

- Bitkom** (2014): Großes Interesse selbstfahrenden Autos. URL: https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Pressemitteilung_4619.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Bizer, J.** (2007): Sieben Goldene Regeln des Datenschutzes. In: Datenschutz und Sicherheit 31 (5), S. 350-356.
- Blum, C./Huch, M.** (2014): Cola-Dose fährt Mercedes S-Klasse über die Autobahn. In: Computer Bild TV (Hrsg.). URL: <http://www.computerbild.de/videos/Mercedes-Cola-Dose-Autobahn-10488859.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- BMVI** (2014): Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs. URL: http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/laengenstatistik-tabelle-1-7.pdf?__blob=publicationFile [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- BMVI** (2015): Internationale Harmonisierung der technischen Vorschriften für Kraftfahrzeuge. URL: <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LA/internationale-harmonisierung-der-technischen-vorschriften-fuer-kraftfahrzeuge.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- BMVI** (2015b): Bericht zur Verkehrsministerkonferenz. Top 4.2 Automatisiertes Fahren. URL: http://www.verkehrsministerkonferenz.de/VMK/DE/termine/sitzungen/15-04-16-17-vmk/15-04-16-17-bericht-bmvi-4-2.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- BMVI** (2015c): Digitales Testfeld Autobahn. URL: http://www.bmvi.de/DE/DigitalesUndRaumentwicklung/DigitalUndMobil/DigitalesTestfeldAutobahn/digitales-testfeld-autobahn_node.html [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- BMVI** (2015d): Frühzeitige Warnung vor Tagesbaustellen. URL: http://www.verkehrsministerkonferenz.de/VMK/DE/termine/sitzungen/15-04-16-17-vmk/15-04-16-17-bericht-bmvi-4-2.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- BMVI** (2015e): Automatisiertes Fahren, URL: http://www.bmvi.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/DigitalUndMobil/AutomatisiertesFahren/automatisiertes-fahren_node.html, [letzter Zugriff: 01.09.2015]
- BMW** (2015a): Aktive Geschwindigkeitsregelung mit Stop&Go-Funktion. URL: http://www.bmw.com/com/de/insights/technology/technology_guide/articles/active_crui se_control_stop_go.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- BMW** (2015b): Speed Limit Info inkl. Überholverbotsanzeige. URL: <http://www.bmw.de/de/topics/faszination-bmw/connecteddrive/fahrer-assistenz/intelligente-sicht.html#slueberholverbot> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- BMW** (2015c): BMW Connected Drive. URL: <http://www.bmw.de/de/topics/faszination-bmw/connecteddrive/ubersicht.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- BMW** (2015d) Dynamische Bremsen Control (DBC). URL: http://www.bmw.com/com/de/insights/technology/technology_guide/articles/dynamic_brake_control.html?source=categories&article=dynamic_brake_control [letzter Zugriff: 12.08.2015]

BMW 2012: Vernetzte Vorausschau, URL: https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/pressDetail.html?title=vernetzte-vorausschau-%e2%80%93-mehr-wissen-f%c3%bc-mehr-sicherheit-lokale-gefahrenwarnung-erfolgreich-in-hessen&outputChannelId=7&id=T0126992DE&left_menu_item=node__5238

Bock, T. (2012): Bewertung von Fahrerassistenzsystemen mittels der Vehicle in the Loop-Simulation. In: Winner, H./Hakuli, S./Wolf, G. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 76-83.

Bosch (2013): Fetzer, J. (2013): „Li-Ion Batteries go Automotive – Trends, Technologies, Value chain“, Vorlesungsreihe „Technologieführer der Automobilindustrie stellen sich vor“, 25.4.2013, Stuttgart.

Bosch (2014): Auswertung zu Fahrerassistenzsystemen. Presseinformation vom 15.09.2014.

Bosch (2015a): Entspannter fahren mit Adaptive Cruise Control. URL: http://produkte.bosch-mobility-solutions.de/media/ubk_europe/db_application/downloads/pdf/comfort_1/de_7/adaptive_cruise_control_2011_de.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Bosch (2015b): Fahrerassistenzsysteme. URL: http://produkte.bosch-mobility-solutions.de/de/de/driving_comfort/driving_comfort_systems_for_passenger_cars_1/driver_assistance_systems_4/driver_assistance_systems_5.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Bosch (2015c): myDriveAssist. URL: <http://mydriveassist.bosch.com/mydriveassist/> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Bosch (2015d): Lenkwinkelsensor. URL: http://produkte.bosch-mobility-solutions.de/de/de/_technik/component/SF_PC_DA_Driver-Drowsiness-Detection_SF_PC_Driver-Assistance-Systems_1856.html. [letzter Zugriff: 05.08.2015]

Bosch (2015e): Bosch Argentina - Bosch convierte la ficción de Hollywood en realidad. AutoSemanario (Hrsg.). URL: <http://www.bosch.com.ar/ar/prensa/articulo.asp?artId=116> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Bosch (2015f): Drehratensensoren mit CAN-Schnittstelle. URL: http://rb-aa.bosch.com/boaasocs/index.jsp?ccat_id=138 [letzter Zugriff: 05.08.2015]

Boston Consulting Group (2015a): Revolution in the driver's seat.

Boston Consulting Group: (2015b), zitiert in: <http://www.wired.com/2015/04/cost-of-sensors-autonomous-cars/>.

Boston Consulting Group / Fraunhofer IPA (2014): The Proximity Paradox, Balancing Auto Suppliers Manufacturing Networks

Borgwart, M. (2007): Die elektrische Gasbetätigung. URL: <http://epc.beetle24.de/> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Bratzel, S. (2013): Disruptive Innovationen und gesellschaftliche Veränderungen In: ATZ agenda 2 (1), S. 8-11.

Brignolo, et al. (2013): COMeSafety 2: D3.5 Advances in harmonizing the Deployment Approach for C-ITS in Europe.

Brüninghaus, C. (2010): Fahrerassistenzsysteme von Mercedes-Benz mit neuen Funktionen. URL: <http://www.springerprofessional.de/fahrerassistenzsysteme-von-mercedes-benz-mit-neuen-funktionen-11910/3948098.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Bubb, H. (2015): Einführung. In: Bubb, H. et al. (Hrsg.): Automobilergonomie. S. 1-25.

Bundesregierung (2015): Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren.

Bundesrat (2015): Entschließung des Bundesrates "Rahmenbedingungen für die Automobilität der Zukunft schaffen". URL: http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2015/0101-0200/103-15.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [letzter Zugriff: 06.08.2015]

BGBI. I (1965): Gesetz zur Änderung von Vorschriften über die Pflichtversicherung für Kraftfahrzeughalter. S. 213-221.

BGBI. I (1978): Verordnung über eine allgemeine Richtgeschwindigkeit auf Autobahnen und ähnlichen Straßen (Autobahn-Richtgeschwindigkeits-V). S. 1824.

BGBI. I (1987): Neufassung des Gesetzes über Ordnungswidrigkeiten. S. 602-629.

BGBI. I (1989): Gesetz über die Haftung für fehlerhafte Produkte (Produkthaftungsgesetz – ProdHaftG). S. 2198-2201.

BGBI. I (1998): Neufassung des Strafgesetzbuches. S. 3322-3410.

BGBI. I (2002a): Zweites Gesetz zur Änderung schadensersatzrechtlicher Vorschriften. S. 2674-2680.

BGBI. I (2002b): Neufassung des Bürgerlichen Gesetzbuchs. S. 42-341.

BGBI. I (2002c): Berichtigung der Bekanntmachung der Neufassung des Bürgerlichen Gesetzbuchs. S. 2909.

BGBI. I (2003a): Neufassung des Straßenverkehrsgesetzes. S. 310-344.

BGBI. I (2003b): Berichtigung der Neufassung des Straßenverkehrsgesetzes. S. 919.

BGBI. I (2003c): Neufassung des Bundesdatenschutzgesetzes. S. 66-88.

BGBI. I (2003d): Berichtigung der Bekanntmachung der Neufassung des Bürgerlichen Gesetzbuchs. S. 738.

BGBI. I (2007): Gesetz zur Reform des Versicherungsvertragsrechts. S. 2631-2678.

BGBI. I (2009): Sechsendvierzigste Verordnung zur Änderung Straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften. S. 2631-2686.

BGBI. I (2010): Verordnung über die Zulassung von Personen zum Straßenverkehr (Fahrerlaubnis-Verordnung – FeV). S. 1980-2105.

- BGBl. I** (2011): Verordnung über die Zulassung von Fahrzeugen zum Straßenverkehr (Fahrzeug-Zulassungsverordnung – FZV). S. 139-220.
- BGBl. I** (2012a): Verordnung zum Neuerlass der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung. S. 679-952.
- BGBl. I** (2012b): Gesetz zur Änderung des Grundgesetzes (Artikel 93). S. 1478.
- BGBl. I** (2013a): Gesetz zur Änderung versicherungsrechtlicher Vorschriften. S. 932-934.
- BGBl. I** (2013b): Verordnung zur Neufassung der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO). S. 362-366.
- BGBl. I** (2013c): Gesetz zur Förderung des elektronischen Rechtsverkehrs mit den Gerichten. S. 3786-3798.
- BGBl. I** (2014a): Erste Verordnung zur Änderung der Fahrerlaubnis-Verordnung. S. 2213-2218.
- BGBl. I** (2014b): Gesetz zur Absicherung stabiler und fairer Leistungen für Lebensversicherte (Lebensversicherungsreformgesetz – LVRG). S. 1330-1337.
- BGBl. I** (2014c): Neunundvierzigste Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften. S. 1635-137.
- BGBl. I** (2014d): Zweite Verordnung zur Änderung der Fahrzeug-Zulassungsverordnung und anderer straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften. S. 1666-175.
- BGBl. I** (2014e): Gesetz zur Bekämpfung von Zahlungsverzug im Geschäftsverkehr und zur Änderung des Erneuerbare-Enerien-Gesetzes. S. 1218-1221.
- BGBl. I** (2015a): Gesetz zur Modernisierung der Finanzaufsicht über Versicherungen. S. 434-570.
- BGBl. I** (2015b): Neunundvierzigstes Gesetz zur Änderung des Strafgesetzbuches – Umsetzung europäischer Vorgaben zum Sexualstrafrecht. S. 10-15.
- BGBl. I** (2015c): Gesetz zur Änderung des Fahrpersonalgesetzes und des Straßenverkehrsgesetzes. S. 186-187.
- BGBl. I** (2015d): Verordnung zur Änderung der Fahrpersonalverordnung, der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung und der Verordnung über den grenzüberschreitenden Güterkraftverkehr und den Kobotageverkehr. S. 243-245.
- BGBl. I** (2015e): Zweites Gesetz zur Änderung des Bundesdatenschutzgesetzes – Stärkung der Unabhängigkeit der Datenschutzaufsicht im Bund durch Errichtung einer obersten Bundesbehörde. S. 162-165.
- BGBl. II** (1977): Gesetz zu den Übereinkommen vom 8. November 1986 über den Straßenverkehr und über Straßenverkehrszeichen zu den Europäischen Zusatzübereinkommen vom 1. Mai 1971 zu diesen Übereinkommen sowie zum Protokoll vom 1. März 1973 über Straßenmarkierungen. S. 809-1111.
- BGBl. II** (1985): Gesetz zu dem Wiener Übereinkommen vom 23. Mai 1969 über das Recht der Verträge. S. 926-960.

- Brüggemeier, G.** (2006): Haftungsrecht. Struktur, Prinzipien, Schutzbereich. Ein Beitrag zur Europäisierung des Privatrechts. In: Honsell, H./Lerche, P. (Hrsg.): Enzyklopädie der Rechts- und Staatswissenschaften.
- Busch, O.** (2012): Die Software-Architektur von AUTOSAR. URL: <https://www.uni-koblenz-landau.de/de/koblenz/fb4/ist/AGZoebel/Lehre/ss2012/seminar/oBusch> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Bullis, K.** (2014): Why your car won't get remote software updates anytime soon, URL: <http://www.technologyreview.com/news/524791/why-your-car-wont-get-remote-software-updates-anytime-soon/> [letzter Zugriff: 09.09.2015]
- Burkert** (2013), ATZ extra Sonderheft für VDI-FVT 2013|2014, S.9.
- Bundesnetzagentur** (2014): URL: http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1422/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Anbieterpflichten/OeffentlicheSicherheit/SicherstellungTelekommunikation/SicherstellungTKundPost-node.html;jsessionid=9E861B7C44762D0AF3007D52B90AEDD0#doc405810bodyText3_ [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Buxbaum, B. et al.** (2012): 3D Time-of-Flight (ToF). In: Winner, H./Hakuli, S./Wolf, G. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 187-197.
- Cabanatuan, M.** (2015): Northern California at center of driverless car development. URL: <http://www.sfchronicle.com/bayarea/article/Northern-California-at-center-of-driverless-car-6150543.php> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Cacilo, A.:** (2015): Historie, Trends und Zukunftsperspektiven der Elektromobilität im Straßenverkehr und ihre möglichen Folgen für den Schienenverkehr, in: Rodi, M. (Hrsg.): Eisenbahnverkehrspolitik im Zeitalter der Elektromobilität, S.111-224.
- California Legislative Information** (2012): Senate Bill No. 1298. URL: http://leginfo.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=201120120SB1298&search_keywords= [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Cebr** (2014): The future economic and environmental costs of gridlock in 2030. URL: <http://inrix.com/press/verkehr-kostet-deutsche-wirtschaft-33-milliarden-euro-im-jahr-2030/> [letzter Zugriff: 06.08.2015]
- Charette, R.** (2009): This Car Runs on Code. URL: <http://spectrum.ieee.org/transportation/systems/this-car-runs-on-code> [letzter Zugriff: 06.08.2015]
- China NCAP Management Center** (2014): C-NCAP to promote the progress of automotive technical development in China. China Automotive Technology & Research Center. S. 19 URL: <http://de.slideshare.net/GlobalNCAP/how-china-ncap-is-promoting-the-progress-of-automotive-technical-development-in-chin> [letzter Zugriff: 27.08.2015]
- China Statistics Press** (2014): China Statistical Yearbook 2014. URL: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2014/indexeh.htm> [letzter Zugriff: 27.08.2015]
- Christensen, C.** (2011): The Innovator's Dilemma.

Cieler, S. et al. (2014): Projekt Proreta 3 Sicherheit und Automation mit Assistenzsystemen. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift 116 (10), S. 20-27.

CityMobil2 (2015): Cities demonstrating automated road passenger transport. URL: <http://www.citymobil2.eu/en/> [letzter Zugriff: 26.08.2015]

Climate-Data.org (2015): Klimadaten für Städte weltweit. URL: www.climate-data.org [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Continental (2013a): Automatisiertes Fahren kommt so sicher wie ABS und ESC. URL: http://www.continental-corporation.com/www/presseportal_com_de/themen/pressemitteilungen/1_topics/pr_2013_07_01_vortrag_senger_de.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Continental (2013b): Continental setzt auf LEDs als Copilot. URL: http://www.continental-corporation.com/www/presseportal_com_de/themen/pressemitteilungen/3_automotive_group/interior/press_releases/pr_2013_02_07_driver_focus_de.html [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Continental (2014a): AR-HUD-Technologie für einen Dialog ohne Worte. URL: http://www.continental-corporation.com/www/presseportal_com_de/themen/pressemitteilungen/3_automotive_group/interior/press_releases/pr_2014_07_21_ar_hud_technik_de.html [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Continental (2014b): Continental setzt auf intuitiven Dialog zwischen Fahrer und Fahrzeug. URL: https://www.continental-corporation.com/www/presseportal_com_de/themen/pressemitteilungen/3_automotive_group/interior/press_releases/pr_2014_01_15_anwc_holistic_hmi_de.html [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Continental (2015a): Mobilitätsstudie 2015. URL: http://report.continental-corporation.com/pages/service/download/docs/mobilitaetsstudie_2015_de.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Continental (2015b): Die Zukunft heißt „Brake by Wire“. URL: http://www.continental-corporation.com/www/portal_com_de/allgemein/hidden/innovation/inno_bbwire_de.html [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Continental (2015c): eHorizon. URL: http://www.continental-corporation.com/www/automotive_de_de/themes/passenger_cars/interior/connectivity/pi_ehorizon_de.html [letzter Zugriff: 12.08.2015]

CONVERGE (2015): COmmunication Network VEHICLE Road Global Extension URL: <http://www.vdivde-it.de/KIS/vernetzt-leben/mobile-kommunikation/converge> [letzter Zugriff: 14.08.2015]

Daimler (2008): ATTENTION ASSIST: Müdigkeitserkennung warnt rechtzeitig vor dem gefährlichen Sekundenschlaf. URL: <http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-658892-49-1147698-1-0-0-1147922-0-1-11694-0-0-1-0-0-0-0.html?TS=1361030865949> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

- Daimler AG** (2012). Der Weg zum unfallfreien Fahren. Stuttgart. URL: <http://de.slideshare.net/daimler/daimler-ag-der-weg-zum-unfallfreien-fahren>, [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Daimler** (2015a): Aktiver Totwinkel-Assistent: der elektronische Schulterblick. URL: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1210218-49-1210314-1-0-0-1210228-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Daimler** (2015b): Bremsassistenten im Pkw: BAS PLUS. URL: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1210220-49-1536292-1-0-0-1210338-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Daimler** (2015c): DISTRONIC PLUS: Warnung und Unterstützung des Autofahrers. URL: <https://www.daimler.com/dccom/0-5-1210218-49-1210321-1-0-0-1210228-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Daimler** (2015d): E-Klasse T-Modell. Die Ausstattung im Überblick. URL: http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/e-class/_s212/facts/_equipment/standardoptional.0002.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Daimler** (2015e): Spurhalte-Assistent: Immer in der Spur bleiben. URL: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1210218-49-1210351-1-0-0-1210228-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Daimler** (2015f): Verkehrszeichen-Assistent. URL: http://techcenter.mercedes-benz.com/de_DE/traffic_sign_assist/detail.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Daimler** (2015g): Car-to-X Kommunikation. URL: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1613460-49-1456863-1-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- Daimler** (2015h): Mercedes Benz Command online. URL: http://m.mercedes-benz.de/de_DE/comand_online/detail.html. [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- Daimler** (2015i): Bremsassistent BAS Plus. URL: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1210220-49-1536292-1-0-0-1210338-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html>
- Daimler** (2015j): Aufmerksamkeitsassistent. URL: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1210218-49-1210332-1-0-0-1210228-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html> [letzter Zugriff: 02.09.2015]
- Dammann, U.** (2011): § 3. Weitere Begriffsbestimmungen. In: Simitis, S. (Hrsg.): Bundesdatenschutzgesetz. Kommentar.
- Damböck, D. et al.** (2012): Übernahmezeiten beim hochautomatisierten Fahren. URL: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1142102/1142102.pdf> [letzter Zugriff: 05.08.2015]
- Darms, M. et al.** (2010): Data Fusion Strategies in Advanced Driver Assistance Systems. In: SAE International Journal Passenger Cars 3 (2), S. 176-182.
- De Ceuster, G. et al.** (2008): Final Report. Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC. URL: http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/studies/doc/2009_01_weights_and_dimensions_vehicles.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

De Locht, C./Van den Broeck, J. (2014): ADAS-Systeme mit Sensierung des Fahrzeuginnenraums als nächster Schritt in Richtung autonomes Fahren. In: Tille, T. (Hrsg.): Sensoren im Automobil.

Department for Transport (2015): The Pathway to Driverless Cars. Summary report and action plan. URL: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/401562/pathway-driverless-cars-summary.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Deutscher Verkehrsgerichtstag (2015.): 53. Deutscher Verkehrsgerichtstag – Empfehlungen. URL: http://www.deutscher-verkehrsgerichtstag.de/images/empfehlungen_pdf/empfehlungen_53_vgt.pdf [letzter Zugriff: 06.08.2015]

De Vries, J. M. (2015), zitiert in URL: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/autonomes-fahren-bosch-verbundet-sich-mit-tomtom/12084204.html> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Dietmayer, K./Sparbert, J./Streller/D. (2010) zitiert in Liu, F.: Objektverfolgung für durch Fusion von Radar- und Monokameradaten auf Merkmalsebene für zukünftige Fahrerassistenzsysteme.

Diez (2012): Die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie.

Dilba, D. (2009): Die Kosten werden auf ca. 100 Euro pro Stück geschätzt. In: *Technologie Review 11/2009*, S. 66-67.

Dolata, U./Werle, R. (2007): „Bringing technology back in“ Technik als Einflussfaktor sozioökonomischen und institutionellen Wandels. In: Dolata, U./Werle, R. (Hrsg.): Gesellschaft und die Macht der Technik. S. 15-43.

Dopart, K. (2015): U.S. DOT Automation Program. TRB Vehicle-Highway Automation Committee. URL: http://www.its.dot.gov/presentations/pdf/TRB2015_VHA_Committee_Dopart.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Dudenhöffer, F./Schneider, W. (2015): Fehlender rechtlicher Rahmen verschafft den USA Zeitvorsprung beim Zukunftsmarkt „individuelle Mobilität“. In: IFO-Schnelldienst, 7/2015, April 2015. S.31-32.

Ebner, H. (2013): Motivation und Handlungsbedarf für Automatisiertes Fahren. URL: http://www.dvr.de/download2/p3745/3745_0.pdf [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Eggstein, M. (1995): Ist der Straßenverkehr in seiner heutigen Form verfassungswidrig? In: VBIBW 1995, S. 161-172.

Eilebrecht, B. et al. (2011): Kapazitives Elektrokardiogramm-Messsystem im Autositz. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift 113 (3), S. 232-237.

Ertrac (2015): Automated Driving Roadmap. URL: http://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id35/ERTRAC_Automated-Driving_draft3-web.pdf [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Eno Center for Transportation (2013): Preparing a Nation for Autonomous Vehicles. URL: <https://www.enotrans.org/wp-content/uploads/wp-content/uploads/wpsc/downloadables/AV-paper.pdf> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Euro NCAP (2010): 2010 Honda Collision Mitigation Brake System. URL: <http://www.euroncap.com/en/ratings-rewards/euro-ncap-advanced-rewards/2010-honda-collision-mitigation-brake-system/> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Euro NCAP (2015): Study Confirms High Effectiveness of Low Speed Autonomous Emergency Braking (AEB), Pressemitteilung, 15.9.2015.

Europäische Gemeinschaft (2001): Richtlinie 2001/95/EG vom 03.12.2001 über die allgemeine Produktsicherheit. (ABl. L11, S. 4-17).

European Commission (2009): Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment – VERONICA-II Final Report. URL: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/projects/doc/veronica2_final_report. [letzter Zugriff: 06.08.2015]

European Technology Plattform on Smart Systems Integration (2015): European Roadmap Smart Systems for Automated Driving. URL: http://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/EPoSS%20Roadmap_Smart%20Systems%20for%20Automated%20Driving_V2_April%202015.pdf [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Financial Times (2015), URL: <http://www.ft.com>, [letzter Zugriff: 06.09.2015]

Festag, A. (2014): Cooperative intelligent transport systems standards in Europe. In: IEEE Communications Magazine December 52 (12), S. 166-172.

FGSV (1999): RWB 2000: Richtlinien für die wegweisende Beschilderung außerhalb von Autobahnen. Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund.

Fischer, T. et al. (2015): § 13. Begehen durch Unterlassen, in: Fischer, T. et al. (Hrsg.): Strafgesetzbuch: StGB. Kommentar.

Fortelle, A./Qian, X./Diemer, S./et. al. (2014): Network of automated vehicles: the Autonet 2030 vision. In Proceedings of the 21th ITS World Congress.

Franz, P. et al. (2009): Umweltwirtschaftsbericht 2009. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3692.pdf> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Frickenstein, E. (2014): BMW-Entwickler Elmar Frickenstein – „Das automatisierte Fahren ist kein Urknall“. In: Die Wirtschaftswoche. URL: <http://www.wiwo.de/unternehmen/auto/bmw-entwickler-elmar-frickenstein-wir-brauchen-politische-unterstuetzung/10780718-2.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Frost & Sullivan (2012): Advances in Sensors for Automotive Driver Assistance Systems.

Frost & Sullivan (2013): Analysis of the Advanced Driver Assistance Systems Market in Japan.

Frost & Sullivan (2014a): Futuretech Alert. Autonomous Cars – Future of the Automotive Industry.

Frost & Sullivan (2014b): Analysis of the Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Market in Europe.

Frost & Sullivan (2014c): Analysis of the Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Market in North America.

Frost & Sullivan (2014d): Strategic Analysis of Key Focus Areas for Steering Technology Development.

Frost & Sullivan (2014e): Strategic Analysis of the European Market for V2V and V2I Communication Systems. URL: <http://www.frost.com/srch/cross-community-search.do?x=0&y=0&queryText=Strategic+Analysis+of+the+European+Market+for+V2V+and+V2I+Communication+Systems&searchType=adr&pageSize=12> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Frost & Sullivan (2014f): Analysis of the Chinese Market for Passenger Car Advanced Driver Assistance Systems.

Frost & Sullivan (2014g): Frost & Sullivan: Daimler und Volvo führend bei der Einführung von V2V-Kommunikationssystemen in Europa, URL: <http://www.frost.com/prod/servlet/press-release.pag?docid=290129681> [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Frost & Sullivan (2014h): Strategic Analysis of the European and North American Market for Automated Driving.

Frost & Sullivan (2015): The Global Advent of 5G in Cars. Asia Poised for First Consumer Deployment while Western Markets View 5G as Brain for Autonomous Driving.

Fraunhofer IAO: Fahrerzustandserkennung. URL: http://www.fahrzeugsicherheit-berlin.de/files/WS_NDO/01_Ganzhorn_Fahrerzustandserkennung.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

FU Berlin (2009): Kfz energetisch betrachtet. URL: <http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/general/kfz-energetisch.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Fuchs, H. et al. (2015): Car-2-X. In: Winner H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S.525-539.

Fuchslocher, G. (2014): Continental: Bedienkonzept mit Infrarotlicht. URL: <http://www.automobil-produktion.de/2014/12/continental-bedienkonzept-mit-infrarotlicht/> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Fukushima, M. (2014): SIS72 – Automated Driving Technology Research in Japan. Dynamic Map. URL: http://www.sip-adus.jp/archive/pdf/SIP3_Fukushima.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Funk, P. (2015): Deutsche Technik in Googles selbstfahrenden Autos. URL: <http://www.ingenieur.de/Themen/Elektromobilitaet/Deutsche-Technik-in-Googles-selbstfahrenden-Autos>. [letzter Zugriff: 26.08.2015]

Gall (2015): INTERIEUR – Exklusive Umfrage: Der Entscheidungsfaktor heißt Elektronik. In: Automobil Produktion 4/ 2015, S.68-71.

- Gasser, T.** (2012): Ergebnisse der Projektgruppe Automatisierung: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung.
- Gasser, T. et al.** (2012): Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. In: Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.): Forschung kompakt 11/12.
- Geduld, G.** (2012): Lidarsensorik. In: Winner, H./Hakuli, S./Wolf, G. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 172-186.
- General Motors** (2014): GM to demonstrate Chevrolet EN-V 2.0 in Tianjin Eco-city. URL::http://media.gm.com/media/cn/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/cn/en/2014/June/0619_env.html [letzter Zugriff: 26.08.2015]
- Global Industry** (2015): The global drowsiness monitors market.
- Gola, P./Schomerus, R.** (2010): § 28 BDSG. In: Gola, P. et al. (Hrsg.): Bundesdatenschutzgesetz. Kommentar.
- Gola, P./Schomerus, R.** (2010): § 9 BDSG. In: Gola, P. et al. (Hrsg.): Bundesdatenschutzgesetz. Kommentar.
- Golem** (2015): URL: <http://www.golem.de/news/sony-kamerasensor-fuer-mondlose-naechte-1410-110000.html> [letzter Zugriff: 26.08.2015]
- Gold, C. et al.** (2013): "Take Over!" How Long Does It Take to Get the Driver Back Into the Loop? In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 57 (1), S-1938-1942.
- Goldman Sachs** (2015): Monetizing the rise of autonomous vehicles.
- Gomes, L.** (2014): Hidden Obstacles for Google's self-driving cars. URL <http://www.technologyreview.com/news/530276/hidden-obstacles-for-googles-self-driving-cars> [letzter Zugriff: 26.08.2015]
- Graf Vitzthum, W.** (2010): 1. Abschnitt. In: Graf Vitzthum, W. (Hrsg.): Völkerrecht.
- Groh, B. et al.** (2014): Advanced real-time indoor parking localization based on semi-static objects. In: Proceeding of 17th International Conference on Information Fusion, S. 1–7.
- Grösch, L.** (2014): Autonomes Fahren - Utopie oder Wirklichkeit? In H. Proff, H. (Hrsg.): Radikale Innovationen in der Mobilität. S. 253-266.
- Grüneberg, C.** (2015): § 249. BGB. In: Bassenge, P. et al. (Hrsg.): Palandt. Bürgerliches Gesetzbuch. Kommentar.
- Grzanna, M.** (2014): Testlauf für autonome Fahrzeuge. URL: <http://www.heise.de/tr/artikel/Testlauf-fuer-autonome-Fahrzeuge-2269515.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- Hackenberg, U.** (2015): Audi fordert freie Fahrt fürs autonome Fahren. URL: <http://www.wivo.de/unternehmen/auto/ulrich-hackenberg-audi-fordert-freiheit-fuers-autonome-fahren/11206212.html>. [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Hakuli, S./Krug, M. (2015): Virtuelle Integration. In: Winner H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S.125-138.

Hall, W./Bock, C. (2001): Sechsgang-Stufenautomatikgetriebe für den neuen 7er BMW. ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift 103 (9), S. 714-724.

Wirtschaftswoche (2015): Testflotte – Google plant 150 selbstfahrende Autos. URL: <http://www.wiwo.de/technologie/auto/testflotte-google-plant-150-selbstfahrende-autos/11233834.html> [letzter Zugriff: 26.08.2015]

Hanser Automotive (2007): Shift-By-Wire-Getriebeaktuator. URL: <http://www.hanser-automotive.de/aktuelle-branchen-news/article/shift-by-wire-getriebeaktuator-von-dura.html> (letzter Zugriff: 06.08.2015]

Hanssen, S. (2010): Bestimmung und Bewertung der Wirkungen von Informationssystemen.

Harms, D. (2003): Unfalldatenspeicher (UDS) als möglicher Beitrag zur Verkehrssicherheit im Meinungsbild Jugendlicher und Heranwachsender. URL: <http://d-nb.info/968495222/34> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Hars, A. (2014): Wie revolutionär sind selbstfahrende Fahrzeuge? Eine Wirkungskettenanalyse. In Proff, H. (Hrsg.): Radikale Innovationen in der Mobilität. S.267-283.

Hartung, F. et al. (2014): IT-Sicherheit im Automobil. URL: <http://www.isia.fh-aachen.de/pdf/14-AmE.pdf>. [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Hecht, A. (2014) in: Computerwoche (Hrsg.): Die Entwicklung geht in Richtung Car-2-Cloud-2-Car. URL: <http://www.computerwoche.de/a/die-entwicklung-geht-in-richtung-car-2-cloud-2-car,3064651> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Hella (2015): Raddrehzahlsensoren im Kraftfahrzeug. URL: <http://www.hella.com/ePaper/Raddrehzahlsensoren/document.pdf> [letzter Zugriff: 05.08.2015]

HERE 360 (2015): HERE helps launch new Virginia Automated Corridors. URL: <http://360.here.com/2015/06/01/helps-launch-new-virginia-automated-corridors/> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Herrtwich, R. (2013): Mercedes-Benz Intelligent Drive - Auf dem Weg zum autonomen Fahren. Vortrag auf dem 7.Treffpunkt Automotive der Wirtschaftsförderung Region Stuttgart am 29.11.2014. URL: <http://wrs.region-stuttgart.de/sixcms/media.php/630/Treffpunkt%20Automotive%20Autonomes%20Fahren.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Herrtwich, R. (2014) Wie viel verspricht man, wieviel kann man halten? URL: <http://www.autogazette.de/daimler/herrtwich/autonom/wieviel-verspricht-man-wieviel-kann-man-halten-488459.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Herrtwich, R. (2015) in: Die Welt (Hrsg.): Schon in fünf Jahren gibt es das fahrerlose Auto. URL: <http://www.welt.de/wirtschaft/article137958214/Schon-in-fuenf-Jahren-gibt-es-das-fahrerlose-Auto.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Homburg, C. (2000): Quantitative Betriebswirtschaftslehre.

- Hörwick, M.** (2011): Sicherheitskonzept für hochautomatisierte Fahrerassistenzsysteme. URL: <http://mediatum.ub.tum.de/doc/1093204/1093204.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Hötitzsch, S./Lutz, L.** (2014): Autonomes Fahren: Lösungsansätze für das Haftungsproblem. In: *Elektronik automotive 2014* (6)
- Hofacker, A.** (2013): Neue Entwicklungsplattform für Infotainmentsysteme. URL: <http://www.springerprofessional.de/neue-entwicklungsplattform-fuer-infotainmentsysteme/4076200.htm> [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- Hohlfeld, B.** (2014): Vorlesung – Automotive Software Engineering. Teil 5 E/E-Entwicklung (2). Vorlesungsunterlagen. TU Darmstadt. URL: http://www.es.tu-darmstadt.de/fileadmin/download/lehre/ase/2014/05_EE-Entwicklung_Teil_2.key.pdf [letzter Zugriff: 06.08.2015]
- Holder, S./Hörwick, M./Gentner, H.** (k. A.): Funktionsübergreifende Szeneninterpretation zur Vernetzung von Fahrerassistenzsystemen. URL: <http://www.bmw-carit.com/downloads/publications/Funktions%C3%BCbergreifende%20Szeneninterpretation%20zur%20Vernetzung%20von%20Fahrerassistenzsystemen.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Holland, M.** (2015): ConnectedDrive: Der BMW-Hack im Detail, URL: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/ConnectedDrive-Der-BMW-Hack-im-Detail-2540786.html> [letzter Zugriff: 04.09.2015]
- Huber, W.** (2014): Herausforderungen des Automatisierten Fahrens. Vortrag im Rahmen des UBIT-Zukunftsforums 2014.
- Hucko, M.** (2014) in: Spiegel Online (Hrsg.): Carsharing mit selbst fahrenden Autos: Daimler eifert Google nach. URL: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/daimler-autobauer-plant-car-sharing-mit-autonom-fahrenden-smarts-a-980962.html> [letzter Zugriff: 26.08.2015]
- Hummel, T., Kühn, M., Bende, J., Lang, A.** (2011): Advanced driver assistance systems – An investigation of their potential safety benefits based on an analysis of insurance claims in Germany.
- Hynd, D./McCarthy M.** (2014): Study on the benefits resulting from the installation of Event Data Recorders. Final Report. URL: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/vehicles/study_edr_2014.pdf [letzter Zugriff: 06.08.2015]
- Ibisch, A. et al.** (2013): Towards autonomous driving in a parking garage: Vehicle localization and tracking using environment-embedded LIDAR sensors. In: *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, S. 829–834.
- IC Insights** (2015), URL: <http://oiger.de/2015/04/03/europas-mikroelektronik-mit-nur-6-weltmarkt-anteil/76157>
- IHS Automotive** (2014) in: *Automobilwoche* (Hrsg.): Studie zu Assistenzsystemen: Nachfrage nach Sensoren wird sprunghaft steigen. URL: <http://www.automobilwoche.de/article/20141013/NACHRICHTEN/141019989/1280/ass>

istenzsysteme-nachfrage-nach-sensoren-wird-sprunghaft-steigen#.VcHvzPnGrd3
[letzter Zugriff: 04.08.2015]

IHS Automotive (2015b): From ADAS to Autonomous Driving. URL:
https://www.ihs.com/pdf/IHS-Autonomous-Driving-Portal-Download_221214110913045732.pdf S. 4 [letzter Zugriff: 27.08.2015]

IHS Automotive (2015): Investments in Autonomous Driving Are Acceleration. URL:
<http://press.ihs.com/press-release/automotive/investments-autonomous-driving-are-accelerating-says-ihs-automotive> [letzter Zugriff: 26.08.2015]

IIHS (2008): Researchers estimate potential benefits of crash avoidance feature. URL:
<http://www.iihs.org/iihs/sr/statusreport/article/43/3/1> [letzter Zugriff: 26.08.2015]

Inagaki, K. (2015): Japanese carmakers risk ceding self-driving car market to rivals. URL: <http://www.ft.com/cms/s/0/14d80bec-a297-11e4-9630-00144feab7de.html#slide0> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

International Road Traffic and Accident Database (IRTAD)

iTP/ Ratzenberger, R./BAG (2015): Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr. URL:
http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/verkehrsprognose-gueter-und-personenverkehr-winter-2014-15.pdf?__blob=publicationFile [letzter Zugriff: 04.08.2015]

IT Strategic Headquarters (2014): Public-Private ITS Initiative/Roadmaps. Strategies on Automated Driving Systems and the Utilization of Road Transport Data to Build a Society with the World's Safest and Smoothest Road Traffic. URL:
http://japan.kantei.go.jp/policy/it/20140603_ppitsirm.pdf [letzter Zugriff: 26.08.2015]

IT Strategic Headquarters (2014b): Strategies on Automated Driving Systems and the Utilization of Road Transport Data to Build a Society with the World's Safest and Smoothest Road Traffic. S.21

ITS United Kingdom (2015): IST United Kingdom Welcomes Department for Transport „Pathway to Driverless Cars“ Report. URL: <http://www.its-uk.org.uk/news/story/its-united-kingdom-welcomes-department-for-transport-pathway-to-driverless-cars-report> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

ITS United Kingdom (2015): About Us. URL: <http://www.its-uk.org.uk/about/aboutus> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Janker, H. (2014): Vorb. StVO. In: Burmann, M. et al. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar.

Japan Automobile Manufacturers Association (2015): The Automobile Industry of Japan 2015. URL: <http://www.jama.org/wp-content/uploads/2015/06/Motor-Industry-of-Japan-2015.pdf> [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Jaynes, N. (2015): Car designers don't want to cram in bigger screens, they want no screens at all. URL: <http://www.digitaltrends.com/cars/audi-bentley-say-in-car-infotainment-screens-will-disappear/> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

JD Power (2012): Autonomous Driving Technology Piques Interest of Premium Vehicle Owners. URL: <http://autos.jdpower.com/content/press-release/gGOwCnW/2012-u-s-automotive-emerging-technologies-study.htm> (letzter Zugriff: 12.08.2015)

Johnson, R. (2015): Ford Self-Driving Cars On-the-Cheap. URL: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1325340 [letzter Zugriff: 05.08.2015]

Jootel, P. (2012): SARTRE. Project Final Report. URL: http://www.sartre-project.eu/en/publications/Documents/SARTRE_Final-Report.pdf [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Jordan, M. (2014): Intelligente Betriebsstrategie im S 500 Plug In Hybrid: Energiemanagement und Bedienkonzept. URL: <http://blog.mercedes-benz-passion.com/2014/09/intelligente-betriebsstrategie-im-s-500-plug-in-hybrid-energiemanagement-und-biedienkonzept/> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Juliussen, E. (2014), zitiert in: Woodall, B: Other automakers to challenge Tesla in over-the-air software upgrades, URL: <http://uk.reuters.com/article/2014/09/19/us-tesla-motors-software-idUKKBN0HE2HL20140919> [letzter Zugriff: 04.09.2015]

Jungwirth, J. (2014) in: Spiegel Online (Hrsg.): Auto der Zukunft: Sag zum Abschied leise Servo. URL: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/selbstfahrendes-auto-experten-finden-lenkrad-und-pedale-ueberfluessig-a-983315.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Kalra, N./Anderson, J./Wachs, M. (2009): Liability and Regulation of Autonomous Vehicle Technologies. URL: http://www.dot.ca.gov/newtech/researchreports/reports/2009/prr-2009-28_liability_reg_&_auto_vehicle_final_report_2009.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Kanekawa, N. (2005), X-by-Wire Systems. URL: <http://webhost.laas.fr/TSF/IFIPWG/Workshops&Meetings/49/researchreports/08%20kanekawa.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Kamkar, S. (2015): Drive It Like You Hacked It: New Attacks and Tools to Wirelessly Steal Cars, Defcon Conference 2015.

Karlsruher Institut für Technologie (2013): Vollautomatisch – auf den Spuren von Bertha Benz. Presseinformation 114/2013. URL: http://www.kit.edu/kit/pi_2013_13901.php [letzter Zugriff: 12.08.2015]

KBA (2015): Statistik. URL: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html. [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Kaulfuß, S. (2007): Ein Ansatz zur Erfassung des Leapfrogging-Phänomens. Grundkonzept, modelltheoretische Basis und empirische Befunde.

Keane 2013, Foolproof Software section.

Khoeng, T./Sheun, T. (2014): Autonomous Vehicles, Next Stop: Singapore. URL: http://www.lta.gov.sg/ltaacademy/doc/J14Nov_p05Tan_AVnextStepSingapore.pdf [letzter Zugriff: 26.08.2015]

Kirchner, E./Sollart, W./Rübsam, C. (2009): X-by-wire-Konzepte für Handschaltgetriebe. ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift 111 (4), S. 282-289.

Klanner, F./Ruhhammer, C. (2015): Backendsysteme zur Erweiterung der Wahrnehmungreichweite von Fahrerassistenzsystemen. In: Winner, H. et al. (2015): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 541-554.

Klein, E. (1989): Grundrechtliche Schutzpflicht des Staates. In: NJW 1987 (27), S. 1633-1696.

Knoll, P. (2010): Videobasierte Systeme. In: Reif, K. (Hrsg.): Fahrstabilisierungssysteme und Fahrerassistenzsysteme. S. 204-209.

Ko-FAS (2015a): Eigenlokalisierung mit Laserscannern und Landmarken. URL: <http://ko-fas.de/deutsch/ko-per---kooperative-perzeption/eigenlokalisierung/eigenlokalisierung-mit-laserscannern-und-landmarken.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Ko-FAS (2015b): Startseite. URL: www.ko-fas.de [letzter Zugriff: 12.08.2015]

König, P. (2013a): Einleitung. In: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar.

König, P. (2013b): § 316 StGB. In: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar.

König, P. (2013c): § 1 StVO. In: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar.

König, P. (2013d): § 4. In: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar.

König, P. (2013f): § 3 StVO. In: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar.

König, P. (2013g): § 23 StVO. In: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar.

König, P. (2013h): Einleitung. In: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar.

König, P. (2013i): § 7 StVG. In: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar.

König, P. (2013j): § 18 StVG. In: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar.

Koers, G. (2014): ToF-Sensoren fit für Fahrerzustandserfassung. URL: <http://www.elektroniknet.de/automotive/assistenzsysteme/artikel/114936/1> [letzter Zugriff: 05.08.2015]

Kortus-Schultes, D. et al. (2013): Das Auto als Smartphone: Konvergenz von Geschäftsmodellen der Automobil-Hersteller und der Telekommunikationsanbieter. In: Proff, H. (Hrsg.): Radikale Innovationen in der Mobilität. S. 117-142.

- Kossel, A.** (2015): BMW Connected Drive gehackt, URL: <http://www.heise.de/security/meldung/BMW-ConnectedDrive-gehackt-2533601.html>
- Kotagiri, S.** (2014) in Autogazette (Hrsg.): Es ist ein Puzzle auf dem Weg zum autonomen Fahren. URL: <http://www.autogazette.de/magna/kotagiri/autonom/es-ist-ein-puzzle-auf-weg-zum-autonomen-fahren-495469.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- KPMG** (2015): KPMG's Global Automotive Executive Survey 2015. URL: http://www.kpmg.com/DE/de/Documents/kpmg_auto_web_5_1_15.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Kraus, R.** (2005): Strategisches Wertschöpfungsdesign: Ein konzeptioneller Ansatz zur innovativen Gestaltung von Wertschöpfung.
- Krekels, H./Loeffert, R.** (2015): Zentrales Steuergerät für teilautomatisiertes Fahren. In: Siebenpfeiffer, W. (Hrsg.): Fahrerassistenzsysteme und effiziente Antriebe. S.62-68.
- Krekels, H./Seewald, A.** (2014): Das Radar vereint Sicherheits- und Komfortthemen. ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift 116 (2), S. 18-22.
- Krewitt, W./Schlomann, B.** (2006): Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. URL: http://www.pvaustria.at/wp-content/uploads/2013/07/Studie_Externe-Kosten-der-Stromerzeugung-aus-erneuerbaren-Energien-im-Vergleich-zur-Stromerzeugung-aus-fossilen-Energietraegern.pdf [letzter Zugriff: 27.08.2015]
- Kubach, T.** (2011): Die staatliche Förderung von alternativen Antriebstechnologien in der chinesischen Automobilindustrie. URL: http://www.chinapolitik.de/resources/no_85.pdf S. 34 [letzter Zugriff: 27.08.2015]
- Kühn, M./Hannawald, L.** (2015): Verkehrssicherheit und Potenziale von Fahrerassistenzsystemen. In: Winner, H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für active Sicherheit und Komfort. S. 55-70.
- Kuzumaki, S.** (2015): SIP „Automated Driving System“. Mobility Bringing Everyone a Smile. URL: http://mic-its-conference-2015.net/data/pdf/05_en.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Land Transport Authority** (2014): A savi step towards autonomous transport. URL: <http://www.lta.gov.sg/apps/news/page.aspx?c=2&id=29525082-5265-4139-bc3b-0241a4639d46> [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- Land Transport Authority** (2015): Look hands free! Driverless vehicles to ply roads in one-north. URL: <http://www.lta.gov.sg/apps/news/page.aspx?c=2&id=453eb7c1-bb81-4243-a77a-d30d2c811b9b> [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- Langer, I./Abendroth, B./Bruder, R.** (2015): Fahrerzustandserkennung. In: Winner, H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 687-700.
- Lategahn, H./Stiller, C.** (2012): Experimente zur hochpräzisen landmarkenbasierten Eigenlokalisierung in unsicherheitsbehafteten digitalen Karten. In: 8. Workshop Fahrerassistenzsysteme FAS2012, S. 39-46.
- Lauxmann, R.** (2015) zitiert nach Reichenbach, M. (2015): Bei Euro NCAP spielt Sensorfusion eine immer größere Rolle. ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift. URL:

<http://www.springerprofessional.de/bei-euro-ncap-spielt-sensorfusion-eine-immer-groessere-rolle/5755906.html> [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Legifrance (2015): Loi n° 85-677 du 5 juillet 1985 tendant à l'amélioration de la situation des victimes d'accidents de la circulation et à l'accélération des procédures d'indemnisation. URL: <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000006068902&dateTexte=vig> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Lehmann, S. (2014): Automobileelektronik auf die Innovationswelle vorbereiten. URL: http://www.springerprofessional.de/interview_automobilelektronik-auf-die-neue-innovationswelle-vorbereiten/5487814.html [letzter Zugriff: 29.09.2015]

Lemmer, K. (2014): Einführungsvortrag „Autonomes Fahren“. URL: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Aktuelles___Presse/Dossiers/Dossier_Mobilitaet/Akademietag_2014/acatech-Akademietag_Vortrag_Lemmer.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Legler et al. (2009): Legler, H. / Gehrke, B / Krawczyk, O./ Schasse, U; Rammer; C/ Leheyda, N; Sofka, W: Die Bedeutung der Automobilindustrie für die deutsche Volkswirtschaft im europäischen Kontext, S.123.

Leohold, J. (2014): URL: http://www.landesinitiative-mobilitaet.de/fileadmin/user_upload/ClusterMobility/Bildarchiv/Daten/Vortrag_Prof._Jueergen_Leohold_-_Automatisches_Fahren_-_Volkswagen_AG.pdf

Lexus (2015): Hybrid-Safety. URL: <http://www.lexus.com/models/LS-hybrid/safety> [letzter Zugriff: 02.09.2015].

Lindsay, D. (2014): Self-driving cars: a spy on every street? URL: <https://agenda.weforum.org/2014/10/self-driving-cars-affect-privacy-data/> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Listl, G., Otto, J. C., & Zackor, H. (2007). Quantifizierung staubedingter jährlicher Reisezeitverluste auf Bundesautobahnen. (B. f. (Bast), Hrsg.) Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Verkehrstechnik. URL: <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2011/284/pdf/V161.pdf> [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Liu, F. (2010): Objektverfolgung durch Fusion von Radar- und Monokameradaten auf Merkmalsebene für zukünftige Fahrerassistenzsysteme.

Lutz, L. (2014a): Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme nach dem Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr. In: NVZ 2014 (2), S. 67-71.

Lutz, L. (2014b): Die bevorstehende Änderung des Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr. Eine Hürde auf dem Weg zu (teil-)autonomen Fahrzeugen ist genommen! In: DAR 2014 (8), S. 446-450.

Lutz, L. (2015): Autonome Fahrzeuge als rechtliche Herausforderung. NJW 2015 (3), S. 119-124.

Maier, F. (2012): Wirkpotentiale moderner Fahrerassistenzsysteme und Aspekte ihrer Relevanz für die Fahrausbildung. Dissertation.

Marchau, V./van der Heijden, R./Molin, E. (2005): Desirability of advanced driver assistance from road safety perspective: the case of ISA. In: Safety Science 43 (1), S. 11-27.

Marinik, A. (2014): Human Factors Evaluation of Level 2 And Level 3 Automated Driving Concepts. Concepts of Operation. URL: http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NVS/Crash%20Avoidance/Technical%20Publications/2014/812043_HF-EvaluationLevel2andLevel3AutomatedDrivingConceptsV2.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Marktes and Marktes 2013: <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/driver-assistance-systems-market-1201.html> [letzter Zugriff: 02.09.2015].

Marutschke, P. (2010): Einführung in das japanische Recht. Schriftenreihe der Juristischen Schulung. Band 136.

Matthaei, R. / Lichte, B. / Maurer, M. (2014): Wahrnehmungsgestützte Lokalisierung in fahrstreifengenauen Karten, In: Uni-Das (Hrsg): FAS 2014, Tagungsband, S.7-16.

Matthaei, R. et al. (2015): Autonomes Fahren. In: Winner, H. et al. (2015): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 1139-1166.

Matschi (2015) : Automobil Produktion 4/ 2015, S.68-71.

Mayer, J. (2011): Neues Redundanzkonzept für elektrische Antriebssysteme. URL: <https://www.unibw.de/rz/dokumente/getFILE?fid=6192049&fd=kein>. [letzter Zugriff: 06.08.2015]

McKinsey (2013): Upward Mobility: The Future of China's Premium Car Market.

McKinsey (2015): Wettlauf um den vernetzten Kunden – Überblick zu den Chancen aus Fahrzeugvernetzung und Automatisierung. URL: http://www.mckinsey.de/sites/mck_files/files/mckinsey-connected-customer_deutsch.pdf [letzter Zugriff: 29.09.2015]

MDM (2015): MDM – Ziele. URL: <http://www.mdm-portal.de/ziel.html> [letzter Zugriff: 02.09.2015]

Melexis Semiconductors (2015): Automotive: Chassis Systems: Brake Pressure Sensor (High-Pressure). URL: <http://www.melexis.com/Application/Chassis-Systems-9.aspx> [letzter Zugriff 05.08.2015]

Mercedes-Benz Next (2013): Autonom auf den Spuren von Bertha Benz. URL: <http://next.mercedes-benz.com/autonom-auf-den-spuren-von-bertha-benz/> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

METI Journal (2014): Autonomous Driving Creating an optimal relationship between people and automobiles! URL: http://www.meti.go.jp/english/publications/pdf/journal2014_03a.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Meyer, J./Holtmann, J. (2011): Eine durchgängige Entwicklungsmethode von der Systemarchitektur bis zur Softwarearchitektur mit AUTOSAR. URL: http://www.cs.uni-paderborn.de/uploads/tx_sibibtex/MH11.pdf [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Meyer, O./Harland, H. (2007): Haftung für softwarebezogene Fehlfunktionen technischer Geräte am Beispiel von Fahrerassistenzsystemen. In: CR 2007, S. 689-695.

Miller, C./Valasek, C. (2015): Remote Exploitation of an Unaltered Passenger Vehicle.

Miller, G. (2014): Autonomous cars will require a totally new kind of map. URL: <http://www.wired.com/2014/12/nokia-here-autonomous-car-maps/> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Ministère du Redressement Productif (2015): The New Face of Industry in France. URL: http://www.economie.gouv.fr/files/nouvelle_france_industrielle_english.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

MLIT (2012.): ITS Spot Services in Japan, URL: <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/topindex/ITSSpot.pdf>

Meißner, H-R. (2013): Die Bedeutung der Automobilindustrie für die deutsche und europäische Wirtschaft, in: Agora42. Das philosophische Wirtschaftsmagazin.

Morgan Stanley (2015), zitiert in Green Cars Journal's: A Huge Breakthrough in Fuel Economy. URL: <http://carsofchange.com/perspectives/huge-breakthrough-fuel-economy/> [letzter Zugriff: 02.09.2015].

Mörbe, M. (2012): Fahrdynamik-Sensoren für FAS. In: Winner, H./Hakuli, S./Wolf, G. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 94-109.

Mueller, K./Sgouridis, S. (2011): Simulation-based analysis of personal rapid transit systems: service and energy performance assesement of the Masdar City PRT case. In: Journal of Advanced Transportation 45 (4), 252-270.

Müller, P. (2000): Punitive Damages und deutsches Schadensersatzrecht.

Mujica, F. (2014): Scalable electronics driving autonomous vehicle technologies. URL: <http://www.ti.com/lit/wp/sszy010a/sszy010a.pdf> [letzter Zugriff: 05.08.2015]

Murswiek, D. (2011): Art. 2. Freie Entfaltung der Persönlichkeit, Recht auf Leben, körperliche Unversehrtheit, Freiheit der Person. In: Sachs, M. (Hrsg.): Grundgesetz: GG. Kommentar.

National Science Foundation (2014): International Comparison of gross domestic expenditures on R&D and R&D share of gross domestic product by region/Country/economy: 2011 or most recent year. URL: <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/chapter-4/tt04-04.htm> [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Naujoks, F./Mai, C./Neukum, A. (2014). The effect of urgency of take-over requests during highly automated driving under distraction conditions. In: Ahram, T./Karowski, W./Marek, T. (Hrsg.): Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2014.

Naumann, T./Bläsing, F. (2014): Monovision-Kamera als Sensorlösung für ADAS. All-electronics.de. URL: <http://www.all-electronics.de/texte/anzeigen/54341/Monovision-Kamera-als-Sensorloesung-fuer-ADAS> [letzter Zugriff: 05.08.2015]

Nevada Legislative Counsel Bureau (2015): Senate Bill No. 313. URL: http://www.leg.state.nv.us/Session/77th2013/Bills/SB/SB313_EN.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Nevada Legislative Counsel Bureau (2011): AB511. URL: <http://www.leg.state.nv.us/Session/76th2011/Reports/history.cfm?ID=1011> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Nevada Legislative Counsel Bureau (2012): Adopted Regulation of the Department of Motor Vehicles. LCB File No. R084-11. URL: <http://www.leg.state.nv.us/register/2011Register/R084-11A.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

NHTSA (2015): Federal Motor Vehicle Safety Standards and Regulations. URL: <http://www.nhtsa.gov/cars/rules/import/FMVSS/> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

NHTSA (2013): U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development. URL: <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/U.S.+Department+of+Transportation+Releases+Policy+on+Automated+Vehicle+Development> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

NHTSA (2014): US. Department of Transportation Announces Decision to Move Forward with Vehicle-to-Vehicle Communication Technology for Light Vehicles. URL: <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/2014/USDOT+to+Move+Forward+with+Vehicle-to-Vehicle+Communication+Technology+for+Light+Vehicles> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Noll, M./Rapps, P. (2015): Ultraschallsensorik. In: Winner H. et al. (Hrsg.), Handbuch Fahrerassistenzsysteme Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 243-258.

OECD (2013): R&D funding and specialisation. URL: http://www.oecd-ilibrary.org/sites/sti_scoreboard-2013-en/04/01/g4-1-01.html?contentType=&itemId=%2fcontent%2fchapter%2fsti_scoreboard-2013-29-en&mimeType=text%2fhtml&containerItemId=%2fcontent%2fserial%2f20725345&accessItemIds=&_csp_=7399ef840afa222495d25693507a7b7a [letzter Zugriff: 27.08.2015]

OECD (2014): Entrepreneurship at a Glance 2014. URL: <http://www.oecd.org/berlin/publikationen/entrepreneurship-at-a-glance.htm> [letzter Zugriff: 27.08.2015]

OECD (2015): Entrepreneurship at a Glance 2015. URL: <http://www.oecd.org/std/business-stats/entrepreneurship-at-a-glance-22266941.htm> [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Olle, W. (2015): Investitionen folgend dem Wachstum – Auswirkungen auf den Automobilstandort Deutschland.

OICA (2015): 2014 Production Statistic. URL: <http://www.oica.net/2014-q2-production-statistics/> [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Ongena, W./Markt&Technik (2007): pls: Debug-Tools für XC 2200. URL: <http://www.elektroniknet.de/halbleiter/sonstiges/artikel/5788/> [letzter Zugriff: 05.08.2015]

Opel (2015): Insignia – Sicherheit. Opel Frontkamera mit Verkehrsschild- und Spurassistent, Abstandsanzeige und Frontkollisionswarner. URL: <http://www.opel.de/fahrzeuge/modelle/personenwagen/insignia-4-tuerer/highlights/sicherheit.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

OpenJurist (2006): 440 F. 3d 1065 – United States v. J Gourde. URL: <http://openjurist.org/440/f3d/1065/united-states-v-j-gourde> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

OpenSignal (2015): Find the best network in your area. URL: www.opensignal.com [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Pearce, B./et al. (2015): Venture Capital Insights – 4Q14. Ernest & Young. URL: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Venture_Capital_Insights_4Q14_-_January_2015/\\$FILE/ey-venture-capital-insights-4Q14.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Venture_Capital_Insights_4Q14_-_January_2015/$FILE/ey-venture-capital-insights-4Q14.pdf) [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Petermann-Stock, I. et al. (2013): Wie lange braucht der Fahrer? Eine Analyse zu Übernahmezeiten aus verschiedenen Nebentätigkeiten während einer hochautomatisierten Staufahrt. 6. Tagung Fahrerassistenzsysteme.

PieDrive (2014): pieDrive – Interaktionskonzept für hochautomatisierte Fahrzeuge. URL: <http://www.piedrive.de/de/start.html>. [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Poor, G. (2015): Pssst! Our 'secret sauce' is LiDAR. URL: <http://360.here.com/2015/03/24/lidar/> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Polenz, S. (2012): 1. Abschnitt, Teil 13. In: Kilian, W. et al. (Hrsg.): Computerrechts-Handbuch. Informationstechnologie in der Rechts- und Wirtschaftspraxis.

Pudenz, K. (2011): Lenkradintegrierte Sensoreinheit erfasst Vitalfunktionen. URL: <http://www.springerprofessional.de/lenkradintegrierte-sensoreinheit-erfasst-vitalfunktionen-14805/3951454.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Polk (2013): Meteer, G. (2013): „U.S. Commercial New Vehicle Registration Forecast“, AMRC „Spring Conference and Committee Summit 2013“, 29.04.2013, Las Vegas.

Puls, T. (2013): Externe Kosten des Straßenverkehrs in Deutschland. URL: <http://www.iwkoeln.de/studien/gutachten/beitrag/thomas-puls-externe-kosten-des-strassenverkehrs-in-deutschland-117976>

Punke, M. et al. (2015): Kamera-Hardware. In: Winner H. (Hrsg.), Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 347-368.

PWC (2013): PwC Semiconductor Report - Spotlight on Automotive. URL: http://www.pwc.com/en_GX/gx/technology/publications/assets/pwc-semiconductor-survey-interactive.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

PWC (2014): Faster, greener, smarter – reaching beyond the horizon in the world of semiconductors. URL: http://www.pwc.de/de/technologie-medien-und-telekommunikation/assets/studie_semiconductor_120116_global.pdf [letzter Zugriff: 29.09.2015]

Quanergy 2015, URL: <http://www.automotiveitnews.org/articles/719476/3d-laser-wars-slashing-price-and-size-for-self-dri/> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Rauch, S et al. (2013): Kollektives Erlernen hochgenauer Straßenmodelle als Grundlage zur Einführung automatisierter Fahrfunktionen. 6. Tagung Fahrerassistenz.

Radke, S. (2015): Verkehr in Zahlen 2014 / 2015, S.152.

Rechtsinformationssystem des österreichischen Bundeskanzleramts (2015): Gesamte Rechtsvorschrift für Abkommen über den Straßenverkehr, Fassung vom 05.08.2015. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10011286/Abkommen%20%C3%BCber%20den%20Stra%C3%9Fenverkehr%2c%20Fassung%20vom%2005.08.2015.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Redmer, J. (2014) zitiert nach Die Welt (2014): Autonomes Fahren. URL: <http://www.welt.de/motor/news/article133301091/Autonomes-Fahren.html> [letzter Zugriff: 26.08.2015]

Reichenbach, M. (2013): Valeo: Grundsteinlegung, Teststreckeneröffnung und Laser als Assistenzsystem. URL: <http://www.springerprofessional.de/valeo-grundsteinlegung-teststreckeneroeffnung-und-laser-als-assistenzsystem/4511356.html> [letzter Zugriff 05.08.2015]

Reichold, K. (2013): § 284 ZPO. In: Thomas, H. et al. (Hrsg.): Zivilprozessordnung: ZPO. Kommentar.

Reif, K. (2010): Sensoren. In: Reif, K. (Hrsg.): Fahrstabilisierungssysteme und Fahrerassistenzsysteme. S. 84-95.

Reif, K. (2012): Sensoren im Kraftfahrzeug. In: Reif, K. (Hrsg.): Sensoren im Kraftfahrzeug. S. 10, S.68-87.

Reif, K. et al. (2012): Sensoren im Kraftfahrzeug. In: Reif, K. (Hrsg.): Sensoren im Kraftfahrzeug. S. 10-33.

Reif, K; Dietsche, K.-H. (2014): Kraftfahrtechnisches Taschenbuch.

Reimann, G./Brenner, P./Büiring, H. (2012): Lenkstellsysteme, In: Winner, H./Hakuli, S./Wolf, G. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 287-312.

Reschka, A./Rieken, J./Maurer, M. (2015): Entwicklungsprozess von Kollisionsschutzsystemen für Frontkollisionen: Systeme zur Warnung, zur Unfallschwereminderung und zur Verhinderung. In: Winner, H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 913-936.

Research & Innovation Portal (2012): MOSARIM. MOre Safety for All by Radar Interference Mitigation. URL: http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=44513 [letzter Zugriff: 05.08.2015]

Roland Berger (2013): Lazard: Global Automotive Supplier Study 2013 – Driving on thin ice, Roland Berger Strategy Consultants.

Roland Berger (2014): Zitiert nach: <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/berger-studie-europa-wird-hauptmarkt-fuer-assistenzsysteme-8842288.html> [letzter Zugriff: 25.6.2015]

Ronellenfitsch, M. (1992): Mobilität – Vom Grundbedürfnis zum Grundrecht? In: DAR 1992, S. 321-325.

Roßnagel, A. (2006): Datenschutz in der künftigen Verkehrstelematik. In: NZV 2006 (6), S. 281-288.

RTAF (2015): Runter Tisch Automatisiertes Fahren AG Forschung - Bericht zum Forschungsbedarf.

SAE (2015): Automated Driving. URL: http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf [letzter Zugriff 05.08.2015]

Sattler, K. et al. (2014): Testsysteme für integrierte, hochvernetzte Sicherheitssysteme In: Siebenpfeiffer, W. (Hrsg.): Vernetztes Automobil: Sicherheit – Car-IT – Konzepte. S. 13-19.

Sawade, O./Radusch, I. (2013) A selection process for next generation cooperative driver assistance systems. In: Proceedings of the 20th ITS World Congress.

SBD (2013): The SBD Safe Car Guide – Global ADAS applications. URL: <http://www.sbd.co.uk/files/sbd/pdfs/534%20ADAS%20Guide.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Schäuffele, J./Zurawka, T. (2004): Automotive Software Engineering.

Schindler, A. (2009): Auswahl des Preview-Meßprinzips. In: Karlsruher Institut für Technologie (Hrsg.): Neue Konzeption und erstmalige Realisierung eines aktiven Fahrwerks mit Preview-Strategie.

Schlag, B. (2004): Verkehrspsychologie: Mobilität – Sicherheit – Fahrerassistenz.

Schmidt, R. (2007): Grundrechte sowie Grundzüge der Verfassungsbeschwerde.

Schmidt-Cotta, R. (2000): Der Unfalldatenspeicher gehört auf die rechtspolitische Agenda. In: ZRP 2000, S. 518-520.

Scholz, P. (2011): § 3 BDSG. In: Simitis, S. (Hrsg.): Bundesdatenschutzgesetz. Kommentar.

Schöttle, M. (2011): Zukunft der Fahrerassistenz mit neuen E/E-Architekturen. In: ATZelektronik 6 (4), S.8-15.

Schöttle, M. (2014): HMI als Enabler für das automatisierte Fahrzeug. URL: <http://www.springerprofessional.de/hmi-als-enabler-fuer-das-automatisierte-fahrzeug/5342040.html>. [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Schröder, C. 2014): Industrielle Arbeitskosten im internationalen Vergleich.

Schwab, K./et al. (2014): The Global Competitiveness Report. World Economic Forum. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf S. 429 [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Schesswendter, R (2015): Autonomes Fahren: Ministerien streiten über Haftungsfragen. URL: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Autonomes-Fahren-Ministerien-streiten-ueber-Haftungsfragen-2744233.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Seat (2015): Technik-Lexikon – Elektronisches Gaspedal. URL: <http://www.seat.de/service-zubehoer/technik-lexikon/e.html#Elektronisches%20Gaspedal> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Sedgwick D. (2015): Over-the-air auto software updates opens market to acquisitions. URL: <http://www.autonews.com/article/20150128/OEM06/150129799/over-the-air-auto-software-updates-opens-market-to-acquisitions> [letzter Zugriff: 04.09.2015]

Seeck, A. (2014): Der nächste große Schritt heißt Querregelung. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift. 116 (10), S.16-19.

Selle, D. (2015): § 142. Anordnung der Urkundenvorlegung. In: Vorwerk, V./Wolf, C. (Hrsg.): Beck'scher Online-Kommentar ZPO.

Shashua, A. (2014), Vortrag auf der Deutsche Bank Global Auto Industry Conference

Shih, L. (2014): Chinas Industriepolitik von 1987-2013: Programme, Prozesse und Beschränkungen. S. 157.

Shimizu, N. (2014): Japanese Manufacturers Hot on the Tail of US/European Firms in Self-Driving Cars; Toyota, Nissan, and Honda Enter the Fray. In: Nikkei BP Japan Technology Report (A1401-062-002). URL: <http://techon.nikkeibp.co.jp/JTR/PDF/sample/002selfdrive-0415Sample.pdf> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

simTD (2013a): Deliverable D5.5 – Teil A TP5-Abschlussbericht – Teil A. URL: http://www.simtd.de/index.dhtml/object.media/deDE/8154/CS/-/backup_publications/Projektergebnisse/simTD-TP5-Abschlussbericht_Teil_A_Manteldokument_V10.pdf [letzter Zugriff: 06.08.2015]

simTD (2013b): Deliverable D5.5 – Teil B-1B TP5-Abschlussbericht – Teil B-1B Volkswirtschaftliche Bewertung: Wirkungen von simTD auf die Verkehrssicherheit und die Verkehrseffizienz. URL: http://www.simtd.de/index.dhtml/object.media/deDE/8136/CS/-/backup_publications/Projektergebnisse/simTD-TP5-Abschlussbericht_Teil_B1-B.pdf [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Singapore Government (1975/2013): Consumer Protection (Trade Descriptions and Safety Requirements) Act (CHAPTER 53). URL: <http://statutes.agc.gov.sg/aol/search/display/view.w3p;page=0;query=DocId%3A%224fd80aaa-35d8-4647-bbf5-e9060a4324fc%22%20Status%3Ainforce%20Depth%3A0;rec=0> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Singapore-MIT Alliance for Research and Technology (2013): SMART launches first Singapore- developed driverless car designed for operations on public roads. URL: <http://smart.mit.edu/news-a-events/press-room/article/42-smart-launches-first-singapore-developed-driverless-car-designed-for-operations-on-public-roads-.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Sivak, M.; Schoettle, B. (2015): Road safety with self-driving vehicles: general limitations and road sharing with conventional vehicles.

Smith, B. (2014): Automated Vehicles Are Probably Legal in die United States, 1 Tex. A&M L. Rev. 411. URL: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2303904 [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Sprau, H. (2015a): ProdHaftG. In: Bassenge, P. et al. (Hrsg.): Palandt. Bürgerliches Gesetzbuch. Kommentar. S. 2934-2945.

Sprau, H. (2015b): Unerlaubte Handlungen. (§§ 823 – 853). In: Bassenge, P. et al. (Hrsg.): Palandt. Bürgerliches Gesetzbuch. Kommentar. S. 1359-1480.

Stapel, D. (2015): Mit der Radartechnik bringen wir die Fahrerassistenz ins Volumensegment. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift 117 (1), S.22-25.

Statista (2015a): Entwicklung der gesamten Fahrleistung auf Autobahnen in Deutschland von 1990 bis 2013. URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/155732/umfrage/fahrleistung-auf-autobahnen-in-deutschland/> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Statista (2015b): Anzahl der Verkehrstoten in Deutschland von 1991 bis 2014. URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/185/umfrage/todesfaelle-im-strassenverkehr/> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Statistisches Bundesamt (2007): Ermittlung der Bruttowertschöpfung. URL: http://www.bafa.de/bafa/de/energie/besondere_ausgleichsregelung_eeg/publikationen/stabua/energie_eeg_bruttowertschoepfung.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Statistisches Bundesamt (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Verzeichnis/KlassifikationWZ08_3100100089004.pdf?__blob=publicationFile [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Statistisches Bundesamt (2013): Verkehr auf einen Blick. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Querschnitt/Br oschuereVerkehrBlick0080006139004.pdf?__blob=publicationFile [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Statistisches Bundesamt (2014): Verkehr. Verkehrsunfälle 2013. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleJ2080700137004.pdf?__blob=publicationFile [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Statistisches Bundesamt (2015): Verkehr. Verkehrsunfälle 2014. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleJ2080700147004.pdf?__blob=publicationFile [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Steiger, G. (2013): Euro NCAP sorgt für Demokratisierung. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift. 115 (10), S. 758-761.

Stiller, C. (2005): Fahrerassistenzsysteme – Von realisierten Funktionen zum vernetzt wahrnehmenden, selbstorganisierenden Verkehr. In: Maurer, M./Stiller, C. (Hrsg.): Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung. S.1-20.

Stockburger, C. (2015), Bremsen per SMS manipuliert, URL: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/general-motors-hacker-bremsen-corvette-per-sms-ab-a-1047878.html>

Strayer, D. et al. (2014): Measuring Cognitive Distraction in the Automobile II: Assessing In-Vehicle Voice-Based Interactive Technologies. URL: https://www.aaafoundation.org/sites/default/files/Cog%20Distraction%20Phase%20%20FINAL%20FTS%20FORMAT_0.pdf [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Stroh, I. (2014): Bosch. Radar – ein großer Wachstumsmarkt. URL: <http://www.elektroniknet.de/automotive/assistenzenysteme/artikel/113386/> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Stuflesser, W. (2015): Selbstfahrendes Google-Auto: Unfall – auch ohne Fahrer möglich. URL: <http://www.tagesschau.de/wirtschaft/google-auto-unfaelle-101.html> [letzter Zugriff: 26.08.2015]

Szczesny, J. (2014): Automated Driving Piques Chinese Consumers' Interest. URL: <http://wardsauto.com/asia-pacific/automated-driving-piques-chinese-consumers-interest> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Tagesspiegel (2015): Sicherheitsexperte will GM-Autos gehackt werden, URL: <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/app-geknackt-sicherheitsexperte-will-gm-autos-gehackt-haben/12129230.html>, [letzter Zugriff: 12.09.2015]

TASS International (2015): Vehicle Hardware-In-the-Loop. URL: <https://www.tassinternational.com/VeHIL> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Temple, C./Vilela, A. (2014): Fehlertolerante Systeme im Fahrzeug – von "fail-safe" zu "fail-operational". URL: <http://www.elektroniknet.de/automotive/assistenzenysteme/artikel/110612/2/> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Tesla (2015). URL: www.tesla.com

The Center for Internet and Society (2015): Automated Driving: Legislative and Regulatory Action. URL: http://cyberlaw.stanford.edu/wiki/index.php/Automated_Driving:_Legislative_and_Regulatory_Action [letzter Zugriff: 04.08.2015]

TomTom (2015). URL: tomtom.com

TRW (2014): <http://www.elektroniknet.de/automotive/assistenzenysteme/artikel/113892/> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Topham, G. (2015): Driverless cars set to roll out for trials on UK roads. Im Internet URL: <http://www.theguardian.com/technology/2015/feb/11/driverless-cars-roll-out-trials-uk-roads> [letzter Zugriff: 26.08.2015]

Trimble et al. (2014) Human factors evaluation of level 2 and level 3 automated driving concepts: Past research, state of automation technology, and emerging system concepts. (Report No. DOT HS 812 043). S. 71-73.

Umweltbundesamt (2012): Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr. Empfehlungen des Umweltbundesamtes. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/hgp_umweltkosten.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Umweltbundesamt (2014): Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA). URL: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

UN (1949): 1. Convention on Road Traffic. URL: <https://treaties.un.org/doc/Treaties/2008/04/03/XI-B-1.en.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

UN (1968): 19. Convention on Road Traffic. URL: https://treaties.un.org/pages/ViewDetailsIII.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-19&chapter=11&Temp=mtdsg3&lang=en [letzter Zugriff: 04.08.2015]

UN (2005): Regulation No. 79: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to steering equipment. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r079r2e.pdf> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

UN (2014): Convention on Road Traffic Vienna, 8. November 1968. Proposal of amendments to articles 8 and 39 of the Convention (Depositary Notification).

UNECE (1995): Agreement concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles and the conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the basis of these prescriptions. Revision 2. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/505ep29.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

UNECE (2009): Report of the working party on road traffic safety on its fifty-sevenths session. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2009/wp1/ECE-TRANS-WP1-122e.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

UNECE (2014a): Report of the sixty-eight session of the working party on road traffic safety. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp1/ECE-TRANS-WP1-145-Corr1-e.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

UNECE (2014b): Consistency between the 1968 Convention on Road Traffic and Vehicle Technical Regulations ECE/TRANS/WP.1/2014/1: some issues to be considered. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp1/ECE-TRANS-WP1-Presentation-4e.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

UNECE (2014c): Document No IST/AD-01-03. URL: https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/25264474/%28ITS-AD_01-03%29%20Revised%20draft%20of%20Terms%20of%20Reference.pdf?api=v2 [letzter Zugriff: 04.08.2015]

UNECE (2014d): World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations. ECE/TRANS/WP.29/343/Rev.22. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/updates/ECE-TRANS-WP.29-343-Rev.22.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

UNECE (2014e): Proposal for a new work item on the agenda of the Working Party on Road Traffic Safety. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp1/ECE-TRANS-WP1-2014-7e.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

UNECE (2015): Autonomous Driving, Informal document No. 2. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2015/wp1/ECE-TRANS-WP1-INT-2e.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Urmson, C. (2015), zitiert in: Gover, F.: Google reveals lessons learned (and accident count) from self-driving car program, URL: <http://www.gizmag.com/google-reveals-lessons-learned-from-self-driving-car-program/37481/> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

U.S. Department of Transportation (2015): Automated Vehicle Research at the U.S. Department of Transportation (USDOT). URL: <http://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/AutomationUSDOT.pdf> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

U.S. Department of Transportation (2015): Connected Vehicle Test Bed. URL: http://www.its.dot.gov/testbed/testbed_SEmichigan.htm [letzter Zugriff: 04.08.2015]

US Dot (2006): The 100-Car Naturalistic Driving Study.

Vacek, S. (2009): Videogestützte Umfelderkennung zur Interpretation von Verkehrssituationen für kognitive Automobile. URL: www.ksp.kit.edu/download/1000010726 [letzter Zugriff: 05.08.2015]

Van Eimeren, B./Frees, B. (2013): Rasanter Anstieg des Internetkonsums – Online fast 3 Stunden täglich im Netz. URL: http://www.ard-zdf-onlinestudie.de/fileadmin/Onlinestudie/PDF/Eimeren_Frees.pdf [letzter Zugriff: 26.08.2015]

Van Essen, H. et al. (2011): External Costs of Transport in Europa. Update Study for 2008. URL: http://ecocalc-test.ecotransit.org/CE_Delft_4215_External_Costs_of_Transport_in_Europe_def.pdf [letzter Zugriff: 06.08.2015]

VDA (2014): Datenschutzprinzipien für vernetzte Fahrzeuge. URL: <https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/vernetzung/datenschutz-prinzipien-fuer-vernetzte-fahrzeuge.html> [letzter Zugriff: 06.08.2015]

VDA (2014b): Jahresbericht 2014. URL: <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/Jahresbericht+2014.html> S. 17 [letzter Zugriff: 27.08.2015]

VDA (2015a): Vernetztes und automatisiertes Fahren sowie Elektromobilität sind die Innovationstreiber der Automobilindustrie. URL: <https://www.vda.de/de/presse/Pressemeldungen/20150319-Vernetztes-und-automatisiertes-Fahren-sowie-Elektromobilit-t-sind-die-Innovationstreiber-der-Automobilindustrie.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

VDA (2015b): Zahlen und Daten

VDA (2015c) Datenschutz-Prinzipien für vernetzte Fahrzeuge

Hiebel, M. (2013): Kosten-Nutzen-Analyse – Vorstellung/Diskussion der und Anwendungsbeispiel als Ausblick auf Blatt 2 der Richtlinie VDI 3925. URL: https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/news_bilder/News_Biotechnologie/07_Hiebel_Folie_n_EF3925_Abfallbehandlungsverfahren_03.pdf [letzter Zugriff: 12.08.2015]

VDI-Wissensforum.de (2014): Mit HMI in die Zukunft. URL: https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur/dps_bilder/Wissensforum/2014/Baden-Baden-Spezial/Pressegespraech/wf-2014-09-23_Pressegespraech-01TA104014.pdf [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Velodyne (2015): HDL Products. URL: <http://velodynelidar.com/hdl-64e.html>, [letzter Zugriff: 27.08.2015]

Verdult, R. / Garcia, F. (2013): Dismantling Megamos Crypto: Wirelessly Lockpicking a Vehicle Immobilizer

Verkehrsblatt (1970): Aufsatztitel/Kapiteltitle? Abgedruckt in: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar. 797

Verkehrsblatt (1970): Aufsatztitel/Kapiteltitle? Abgedruckt in: Hentschel, P./König, P./Dauer, P. (Hrsg.): Straßenverkehrsrecht. Kommentar. 797

Visiongain 2014: Automotive Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Market 2014-2024: Precursor to the Autonomous Self-Driving

Vogt, A. (2014): Car-to-X-Kommunikation – Schneller als der Staat, URL: <http://www.automobilwoche.de/article/20141110/HEFTARCHIV/141109930/schneller-als-der-staat#.VT9Mx67wBaQ> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Vogt, A. (2015a): Automatisiertes Fahren: ADAC will Blackbox in Autos. Automobilwoche (Hrsg.). URL: http://www.automobilwoche.de/article/20150207/NACHRICHTEN/150209962/automatisiertes-fahren-adac-will-blackbox-in-autos#.VaUMGF_tmDs [letzter Zugriff: 06.08.2015]

Vogt, A. (2015b): Vernetzung – Datenallianz gegen Google. In: Automobilwoche.de. URL: <http://www.automobilwoche.de/article/20150404/HEFTARCHIV/150409986/datenallianz-gegen-google#.VT9Lb67wBaQ> [letzter Zugriff: 12.08.2015]

Volkswagen (2007): Fahrerzustandsbeobachtung und –messung. URL: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/iww/kom/alcatel_sel/veranstaltungen/tagung_berlin_juni_2007/Seifert_Alcatel_Berlin_260607.pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Volkswagen (2015a): Automatische Distanzregelung ACC. URL: http://www.volkswagen.de/de/technologie/technik-lexikon/automatische_distanzregelung_acc.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Volkswagen (2015b): City Emergency Braking function (City EB) (up!). URL: http://www.volkswagen.com.au/en/technology_and_service/technical-glossary/city-emergency-braking-function.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Volkswagen (2015c): Spurhalteassistent „Lane Assist“. URL: <http://www.volkswagen.de/de/technologie/technik-lexikon/spurhalteassistentlaneassist.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Volkswagen (2015d): Spurwechselassistent „Side Assist“. URL: <http://www.volkswagen.de/de/technologie/technik-lexikon/spurwechselassistentideassist.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]

- Volkswagen** (2015e): Umfeldbeobachtungssystem „Front Assist“. URL: http://www.volkswagen.de/de/technologie/technik-lexikon/umfeldbeobachtungssystem_front_assist.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Volkswagen** (2015f): Verkehrszeichenerkennung. URL: <http://www.volkswagen.de/content/de/brand/de/technologie/technik-lexikon/verkehrszeichenerkennung.html> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Volkswagen** (2015g) Front Assist. URL: http://www.volkswagen.de/de/technologie/technik-lexikon/front_assist.html [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Volkswagen** (2015h): Müdigkeitserkennung. URL: <http://www.volkswagen.de/de/technologie/technik-lexikon/muedigkeitserkennung.html> [letzter Zugriff: 02.09.2015]
- Volkswagen** (2015i): DCSO. URL: https://www.volkswagen-media-services.com/detailpage/-/detail/Kooperation-fr-mehr-Cyber-Sicherheit-in-Deutschland/view/2699665/7a5bbec13158edd433c6630f5ac445da?p_p_auth=Rn5HcQss
- Vollmer, A.** (2014): Die wichtigsten ADAS-Baustellen. In: *Automobil Elektronik 2014* (3), S. 18-19.
- Volvo Cars** (2015a): Drive Me Projekt: Volvo Autopilot steuert autonom fahrende Autos im normalen Straßenverkehr. URL: <https://www.media.volvocars.com/de/de/media/pressreleases/158276/drive-me-projekt-volvo-autopilot-steuert-autonom-fahrende-autos-im-normalen-straenverkehr> [letzter Zugriff: 26.08.2015]
- Volvo Cars** (2015b): Adaptive Geschwindigkeitsregelanlage ACC (Tempomat) – Funktion. URL: <http://support.volvocars.com/de/cars/pages/owners-manual.aspx?mc=Y283&my=2016&sw=15w17&article=e2bf0275f78c24c5c0a801e80100c6a9> [letzter Zugriff: 04.08.2015]
- Volvo Cars** (2015c): Driver Alert Control. URL: <http://support.volvocars.com/uk/cars/pages/owners-manual.aspx?mc=Y555&my=2015&sw=14w20&article=2e82f6fc0d1139c2c0a801e800329d4e> [letzter Zugriff: 02.09.2015]
- Wachenfeld, W. / Winner, H.** (2015): Virtual Assessment of Automation in Field Operation A New Runtime Validation Method.
- Walter, M.** (2012): Lane Departure Warning. In: Winner, H./Hakuli, S./Wolf, G. (Hrsg.): *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*. S. 543-553.
- Weber, D.** (2012): Untersuchung des Potenzials einer Brems-Ausweich-Assistenz. [letzter Zugriff: 05.08.2015]
- Weber, T.** (2014): Deutsche Autos lernen US-Verkehrsregeln: Autonom durch das Silicon Valley: Mercedes-Benz erhält Genehmigung des US-Bundesstaates Kalifornien. URL: <http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-614216-49-1740390-1-0-1-0-0-0-0-0-1-0-0-0-0.html> [letzter Zugriff: 12.08.2015]
- Weichert, T.** (2014a): § 3. Weitere Begriffsbestimmungen. In: Däubler, W. et al. (Hrsg.): *Bundesdatenschutzgesetz. Kompaktkommentar zum BDSG*.

Weichert, T. (2014b): Einleitung. In: Däubler, W. et al. (Hrsg.): Bundesdatenschutzgesetz. Kompaktkommentar zum BDSG.

Whydell, A./Heinrichs-Bartscher, S. (2014): Vergleich von Mono- und Stereokameras. In: Automobil Elektronik 2014 (3), S. 24-27.

Winkle, T. (2015): Sicherheitspotenzial automatisierter Fahrzeuge: Erkenntnisse aus der Unfallforschung. In: Maurer, M. et al. (Hrsg.): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. S. 377-398.

Winkelbauer, M./Erenli, E. (2010): Unfalldatenspeicher. In: Zeitschrift für Verkehrsrecht 2010 (10), S.342-348.

Winkelbauer, M. et al. (2010): EDR Event-Data-Recording-Maßnahmenpaket 2008.

Winner, H. (2015a): Grundlagen von Front-Kollisionsschutzsystemen. In Winner, H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 893-912.

Winner, H. (2015b): Radarsensorik. In: Winner H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S.259-316.

Winner, H. (2015c): Quo Vadis, FAS? In: Winner H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 1167-1186

Winner, H./Danner, B./Steinle, J. (2012): Adaptive Cruise Control. In: Winner, H./Hakuli, S./Wolf, G. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 478-521.

Winner, H./Schopper, M. (2015): Adaptive Cruise Control. In: Winner, H. et al. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 851-892

Winner, H./Wachenfeld, W. (2013): Absicherung automatischen Fahrens. URL: http://www.fzd.tu-darmstadt.de/media/fachgebiet_fzd/publikationen_3/2013/2013_Winner_FAS_Muenchen_Absicherung_automatischen_Fahrens_3_0_Praesentation.pdf [letzter Zugriff 06.08.2015]

Winner, H./Weitzel, A. (2012): Quo Vadis, FAS? In: Winner, H./Hakuli, S./Wolf, G. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. S. 658-667.

Wolf, M./Osterhues, A. (2014): Sichere Botschaften – Moderne Kryptographie zum Schutz von Steuergeräten. In: Siebenpfeiffer, W. (Hrsg.): Vernetztes Automobil: Sicherheit – Car-IT – Konzepte. S. 117-124.

Wollschläger, D. (2014): Das vernetzte Fahrzeug – Voraussetzungen, Anforderungen und Perspektiven. In: ATZelextronik 9 (4), S.10-15.

Yamamoto, T. (2015): Automated Driving Activities in Japan. URL: <https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AUVSI/3a47c2f1-97a8-4fb7-8a39-56cba0733145/UploadedImages/documents/pdfs/7-17->

14%20AVS%20presentations/takumiYAMAMOTO%20English(Final1).pdf [letzter Zugriff: 04.08.2015]

Zetsche, D. (2015), zitiert in: Automobilwoche 24. August 2015, S.14.

ZVEI (2014), URL:

<http://www.zvei.org/Presse/Presseinformationen/Seiten/Deutscher-Halbleitermarkt-ueberschreitet-Vorkrisenniveau.aspx>, [letzter Zugriff: 04.08.2015]

ZSW (2015): Mehr als 740.000 Autos weltweit fahren mit Strom. URL:

<http://www.zsw-bw.de/uploads/media/pi06-2015-ZSW-E-Mobilitaet.pdf> [letzter Zugriff: 16.10.2015]

Anhang

Übersicht zu HAF-relevanten Forschungsprojekten

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
"Connected Services" for the Car of the Future	IBM & PSA Peugeot Citroen	Kooperation zur Sammlung und Echtzeit-Verarbeitung von Fahrzeug- und Umgebungsinformationen um daraus ein breites Angebot an "Connected Services" für den Fahrer zu erstellen.	Breites Angebot an Echtzeit-"Connected Services" für Fahrer.	Einführung vernetzter Fahrzeuge der "nächsten Generation", die kundenspezifische Services bieten.	Steve Milmore IBM Media Relations Tel.: +1 (781) 472-8218 E-Mail: smilmore@us.ibm.com Sandrine Durupt IBM Media Relations, France Tel.: +33 (0)1 58 75 17 95 E-Mail: sandrine-durupt@fr.ibm.com	http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/43504.wss	Global	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
AutoNOMOS Labs	FU Berlin	Projekt der FU Berlin zur Entwicklung von Autonomie- und Fahrerassistenzsystemen. Das im Rahmen dieses Projekts entwickelte autonome Prototypenfahrzeug »MadeInGermany« erhielt Ende 2011 in Berlin eine Straßenzulassung zu Testzwecken und wurde bereits auf Autobahnen mit bis zu 100km/h getestet.	Unfälle sollen durch Autonomie- und Assistenzsysteme vermieden werden.	Ein modulares Softwaresystem zum Betrieb autonomer und semi-autonomer Autos, das bevorstehende Gefahren erkennt und Unfälle verhindert.	Susanne Schöttker-Söhl Tel.: +49 (0) 30 838 75 128 E-Mail: susanne.schoettker-soehl@fu-berlin.de	http://autonomos-labs.com	Europa	Berlin, Deutschland	n/a	öffentlich	Seit 2006	Publikation zum Projekt "Made in Germany" http://bib.drgoehring.de/goehring12controlertchreport.pdf Weitere Publikationen: http://autonomos-labs.com/research/publications/
	Volvo & schwedische Verkehrsbehörde Trafikverket	Platzierung von Magneten 20cm unterhalb der Fahrbahn auf einer Teststrecke von 100m in Göteborg, Schweden, zur Verbesserung der Positionsbestimmung von Fahrzeugen. Die Technologie bietet folgende Vorteile: Vergleichsweise kostengünstig, zuverlässig, da unabhängig von Wetterverhältnissen und Verbindung zu Satelliten; hoher Detailgrad von unter 10cm Abweichung.	Kostengünstige Technologie zur detaillierten und zuverlässigen Positionsbestimmung des Fahrzeugs auf der Fahrspur als Schlüsseltechnologie für autonomes Fahren.	Vergleichsweise kostengünstige Technologie zur Positionsbestimmung von Fahrzeugen auf der Fahrspur mit einer Abweichung von weniger als 10cm.	n/a	http://www.volvocars.com/de/opa/about/news_events/pages/press.aspx?itemid=447	Europa	Göteborg, Schweden	n/a	privatwirtschaftlich	2014	Nicht verfügbar
Test für vernetztes Fahren	Volvo	Fahrzeuge sammeln Informationen über Fahrbahnzustand und kommunizieren mit dem dem Volvo-Backend, von dem aus andere Fahrzeuge ggf. gewarnt werden. Zusätzlich werden Winterdienste mit den gesammelten Informationen versorgt, womit ein wirkungsvollerer und effizienterer Einsatz von Räumungsfahrzeugen erreicht werden soll.	Fahrzeuge sollen sich gegenseitig vor Gefahrenstellen, wie etwa vereisten Fahrbahnen, warnen können.	Cloud-Kommunikationstechniken durch welche verschiedene Fahrzeuge zum aktuellen Straßenzustand kommunizieren können.	Michael Schweitzer Manager Produktkommunikation u. elektronische Medien Volvo Car Germany GmbH Tel.: +49 (0) 221 9393 108 Mobil: +49 (0) 173 5 820 206 E-Mail: Michael.schweitzer@volvocars.com	https://www.media.volvocars.com/de/de-media/pressereleases/141041/vision-2020-volvo-pilotprojekt-zu-cloud-basierter-kommunikation-macht-das-autofahren-sicherer	Europa	Schweden, Norwegen	Testflotte von 50 auf 1000 Fahrzeuge erweitert	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
XchangE	Rinspeed	Ein umgebauter Tesla S wird zur Darstellung des autonomen Fahrens der Zukunft genutzt. Besonderes Feature ist hierbei das verschiebbare und auf autonomes Fahren angepasste Lenkrad.	Autonomes Fahren aus Sicht des Fahrers konsequent zu Ende zu denken. Das Auto soll damit ein Ort werden, an dem es nicht primär um das Fahren geht. Stattdessen soll dem Fahrer höchstmöglicher Komfort und die Möglichkeit zu Nebentätigkeiten geboten werden.	PKW, der so umgebaut wurde, dass der Fahrer sich voll und ganz jeglichen Nebenbeschäftigungen widmen kann.	Tel.: +41 44 918 23 23 E-Mail: info@rinspeed.com	http://www.rinspeed.eu/info_Rinspeed-XchangemEem_25.html	Global	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Studie im März 2014 in Genf vorgestellt	Nicht verfügbar
AFKAR	Fraunhofer IPA	Das Projekt beschäftigt sich mit der Entwicklung einer möglichst kostengünstigen Technologie, welche es Elektroautos ermöglicht Kurzstrecken und den Weg zur Ladestation autonom zurückzulegen. Hierzu kommen ein umfangreiches Netzwerk von Sensoren, Cloud-Systemen und Lenksystemen zum Einsatz.	Elektroautos sollen in die Lage versetzt werden sich selbstständig mit Energie zu versorgen.	Ein System, das es Elektroautos ermöglicht, Kurzstrecken autonom zurückzulegen sowie eigenständig zur Ladestation zu navigieren.	Dr.-Ing. Kai Pfeiffer Tel.: +49 (0)711 970-1226	http://www.fraunhofer.de/de/pressereiseinformationen/2014/November/elektroautos-ohne-fahrer.html	Europa	Stuttgart, Deutschland	n/a	n/a	Seit 2013	Pressepublikation http://www.fraunhofer.de/content/dam/ztv/de/pressemedien/2014/November/Forschung_Kompakt/k11_2014_NOVEMBER.pdf
Drive Me	Volvo, schwedische Verkehrsverwaltung und Verkehrsbehörde, Wissenschaftspark Lindholmen, Stadt Göteborg	Die Projektpartner entwickeln ein Komplettsystem, das selbstfahrende Autos in den Straßenverkehr vollständig einbindet und in allen Verkehrssituationen ausfallsicher und zuverlässig ist. Das Projekt findet in und um Göteborg statt, wo ab 2017 100 selbstfahrende Fahrzeuge an Volvo-Kunden übergeben werden sollen.	Entwicklung einer Komplettlösung für selbstfahrende Fahrzeuge.	2017 sollen 100 Fahrzeuge an Kunden ausgeliefert werden, die auf ausgewählten Straßen in und um Göteborg selbstständig fahren können.	n/a	http://www.volvocars.com/de/opa/about/news_events/pages/press.aspx?itemid=516 http://www.unece.org/fileadmin/JAM/Trans/events/2014/Joint_BELGIUM-UNECE_ITS/03_ITS_Nov2014_Anders_Eugensson_Volvo.pdf	Europa	Göteborg, Schweden	100 Autos; 55 Mio. € Projektkosten	privatwirtschaftlich	2014 - 2017	Nicht verfügbar

Anhang
Übersicht zu
Forschungsprojekten

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
Grand Challenge/Urban Challenge	DARPA (US-Militär)	Erfolgreicher Test von autonomem Fahren eines Militärkonvois im urbanen Raum mit wenigen, allerdings sehr unterschiedlichen Hindernissen.	Einen erfolgreichen Test von autonomen Fahrzeugen (ohne menschlichen Piloten) zu organisieren.	Wettbewerb für autonom fahrende Autos.	Defense Advanced Research Projects Agency Tel.: 1 (703) 526-6630	http://www.darpa.mil/news-events/releases/2014/03/13.aspx	USA	Fort Hood, TX	Siegeprämie: ca. 2 Mio €	öffentlich	2003 - 2007	Publikationen http://www.darpa.mil/news-events/Public_Release_Center/Public_Release_Center.aspx Dokumentation http://www.darpa.mil/news-events/releases/2014/03/13.aspx
Link & Go 2.0	MBTech	Entwicklung einer Technologieplattform für autonome Elektroautos.	Ein Elektroauto zu konstruieren, das vollkommen autonom fahren kann und ohne die Möglichkeit von menschlichem Eingreifen funktioniert. Außerdem soll das Auto für alle urbanen Straßensituationen gewappnet sein.	Ein selbstständig fahrendes Elektroauto, dessen Technik ermöglicht alle urbanen Straßensituationen zu meistern und das mit anderen Fahrzeugen und der Infrastruktur kommuniziert.	Jürgen Hoffmeister Tel.: +49 (0)7031 686-4586 E-Mail: E-Mail@mbtech-group.com	https://www.mbttech-group.com/eu-de/unternehmen/news/newsartikel/article/embedded_world_2014_14_mbttech_group_stellt_engineering_services_vor_kopie_1.html	Europa	Deutschland	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
Connected Car	IBM	Beim Passieren von gefährlichen Stellen können diese manuell gemeldet werden und werden inkl. GPS und Kartenmaterial in der Cloud verarbeitet. Andere Fahrzeuge auf der Route werden gewarnt.	Sichere vernetzte Automobile durch Meldung von Gefahren	Car App und Anwenderapp.	n/a	http://m2m.demos.ibm.com/connectedCar.html	Global	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
Ford Fusion	Ford	Ein selbstfahrendes Auto, das durch rotierende Infrarotkameras einen 360° Blickwinkel erhält. Zur genaueren Entwicklung von Algorithmen zur Erkennung des guten 3D-Bildes wurde eine Kooperation mit der Stanford University, dem MIT und der RWTH Aachen eingegangen.	Dem Auto "Gesunden Menschenverstand" verleihen.	Algorithmen zur 3D-Erkennung, Umfeldanalyseprogrammierung	n/a	https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/new2014/01/22/ford-teams-up-with-mit-and-stanford-to-advance-automated-driving.html	USA	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
-	ETSI & CEN	Standardisierung der Kommunikationsstrukturen für vernetztes Fahren	Standardisierung der Kommunikation für vernetzte Fahrzeuge	Erste Standards für Kommunikation für Cooperative Intelligent Transport Systems	Claire Boyer Tel.: +33 (0)4 92 94 43 35 Mobil: +33 (0)6 87 60 84 40 E-Mail: claire.boyer@etsi.org	http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-141_de.htm	Europa	n/a	n/a	öffentlich	2009 - 2014	Publikation Standards http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/intelligent-transport
Adaptive	Volkswagen (und 29 Kooperationspartner wie z.B. BMW, Daimler, Opel, Renault, Volvo, Ford, Bosch, ...)	Allumfassendes Projekt zu den Themen Infrastruktur, Telematik und Fahrsistemsysteme mit dem Ziel des autonomen Fahrens. Das Forschungskonsortium besteht aus den zehn größten Automobilherstellern, Zulieferern, Forschungsanstalten und Universitäten Europas. Innerhalb dieses Forschungsprojektes sollen alle Einsatzszenarien von der Autobahn, über Parkmanöver bis hin zum urbanen Umfeld abgedeckt werden. Darüber hinaus adressiert das Projekt rechtliche Rahmenbedingungen, die der Einführung hochautomatisierter Systeme im Wege stehen könnten.	Entwicklung verschiedener automatisierter Fahrfunktionen für den täglichen Verkehr, wobei sich die Stufe der automatisiert durchgeführten Fahrfunktionen an der Verkehrssituation und am Fahrer orientiert. Zusätzlich soll die rechtliche Lage geklärt werden.	Richtlinien für kooperative Fahrmánöver; Implementierung von Unterstützungsfunktionen, die auf die Infrastruktur und die Bedürfnisse der Fahrer abgestimmt sind; Integration von Lösungen zur Überswachung des Fahrer-Status; Entwurf von rechtlichen Rahmenbedingungen	Aria Etemad Volkswagen Group Research E-Mail: aria.etemad@volkswagen.de	http://www.adaptive-ip.eu	Europa	n/a	Forschungsbudget: 25 Mio €	öffentlich	Seit 2014	Publikationen und Dokumentationen http://www.adaptive-ip.eu/index.php/deliverables_papers.html
AnnieWAY	KIT	Schwerpunkt des Projektes ist das Erkennen und Vorhersagen von der Bewegungen von Verkehrsteilnehmern durch Algorithmen. Die Reaktion erfolgt in Form von Bremsen und Gas geben.	Das Erkennen und Vorhersagen von Bewegungen von Verkehrsteilnehmern durch Algorithmen.	Algorithmen, die mithilfe von Sensoren Bewegungen erkennen und vorhersagen können.	Dr. Martin Lauer Tel.: +49 (0)721 608-43602 E-Mail: martin_lauer@kit.edu	http://www.mrt.kit.edu/annieway	Europa	Deutschland	n/a	öffentlich	2006 - 2011	Nicht verfügbar
Elektronischer Horizont für die Navigation	Continental & HERE	Genauere Datenerhebung (Verkehrsschilder, Geschwindigkeitsbegrenzung usw.) aufgrund eines elektronischen Horizontes (vgl. Flugzeug), welcher genauere Ortung ermöglicht. Die Kommunikation mit anderen Fahrzeugen erfolgt über die Cloud.	Steigerung des Fahrerlebnisses und der Sicherheit durch vorausschauendes Fahren auf Basis des elektronischen Horizonts.	Hochpräziser elektronischer Horizont, mit dessen Hilfe Fahrzeuge ihre Position auf 20cm genau zu bestimmen können. Die Karte enthält darüber hinaus zusätzliche Straßennformationen.	Susanne Einzinger Leiterin Interior Kommunikation Continental / Interior Division Tel.: +49 (0)172 8197782 E-Mail: susanne.einzinger@continental-corporation.com	http://www.continental-corporation.com/www/pressportal_com_de/themen/pressemitteilungen/2_automotive_group/interior/press_releases/pr_2014_01_14_nokia_here_de.html	Europa	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
Next Two	Renault	Autonomes Fahren mit Fußgängererkennung auf einem bekannten Parkareal zum automatisierten Vor- und Wegfahren von Dienstwagen.	Einführung vollautomatisierter Fahrzeuge ab 2020	En schon in vielen Anwendungsfällen vollautomatisiert fahrendes Testfahrzeug	n/a	http://www.renault.de/renault-weltzeit/modelle/mobilitee/renault-next-two/	Europa	Frankreich	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
-	IBM & Continental	Implementierung einer Sprachsteuerung im Auto, sowie Entwicklung der Cloud zur Datenverarbeitung und genauere Positionierung durch den elektrischen Horizont	Fahrzeuge sollen lernen „um die Ecke zu schauen“	Vernetzter elektronischer Horizont nutzt durch Crowdsourcing angereicherte Daten und cloudbasierte Technologie.	Sebastian Fillenberg Externe Kommunikation Continental Tel.: +49 (0)6196 87-3709 E-Mail: Sebastian.fillenberg@continental-corporation.com	http://www.continental-corporation.com/www/pressportal_com_de/themen/pressemitteilungen/2_automotive_group/interior/press_releases/pr_2013_12_16_ehorizon_ces_2014_de.html	Global	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2013	Nicht verfügbar
Autonomes Fahren	Nissan	Vorstellung eines Prototypen, der auf der Autobahn die Spur und den Abstand hält, die Spur wechselt und Überholmanöver sowie Integration in den Verkehr unterstützt.	Entwicklung eines serienreifen Autos bis 2020, das autonom fahren kann.	Serienreifes autonom fahrendes Auto.	n/a	http://www.nissansusa.com/blog/autonomous-drive-car	Asien	Japan	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
-	Earth Observation Center (DLR)	Ideenwettbewerb "Copernicus Masters 2013" - Gewinner reichte Idee für eine Technologie ein, die die Orientierung von autonomen Fahrzeugen durch Landmarken wie z.B. Gebäuden, deren Position zuvor genau berechnet wurde, erlaubt. Mit dieser Technologie ist eine Positionsbestimmung im Zentimeterbereich möglich.	Neue Art zu navigieren: anhand prominenter Landmarken.	Idee für neuartige Positionsbestimmungstechnologie, bei der zentimetergenau geortet werden kann.	Bernadette Jung Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Tel.: +49 (0)8153 28-2251	http://www.dlr.de/tlr/pressedesktop/default.asp?tabid=10172213_read-8643/year-aj/#/gallery/12841 http://www.copernicus-masters.com/index.php?kat=winners.html&anzeige=winner_bmw2013.html	Europa	Deutschland	Preisgeld: 20.000 €	öffentlich	Seit 2013	Nicht verfügbar

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
SARTRE	Tecnalia Research&Innoation, DIADA Automotive Technology, IKA Aachen, Ricardo UK, SP Technical Research Institute of Sweden, Volvo	Entwicklung und erfolgreicher Test eines Konvoisystems für LKWs (im Testversuch mit Autos) in Spanien. Finanziert durch die EU Kommission unter Framework 7. Das Konvoifahren soll mehr Sicherheit, Komfort und Umweltverträglichkeit gewährleisten. Während ein professioneller Fahrer das Führungsfahrzeug übernimmt, schalten die Folgefahrzeuge in einen semi-autonomen Kontrollmodus, der es den Folgefahrern erlaubt Tätigkeiten wie Filme schauen und Bücher lesen auszuführen.	Wandel in der Nutzung von Personentransportmitteln durch Entwicklung von umweltfreundlichen Konvoisystemen herbeiführen.	System, das die sichere Adoption von Konvois auf nicht-modifizierten Straßen erlaubt. Dabei führt ein professioneller Fahrer den Konvoi an und übernimmt die Verantwortung für diesen.	Anthony Smith Ricardo UK Tel.: +44 (0)1273 382710 E-Mail: media@ricardo.com	http://www.sartre-project.eu/en/Sidor/default.aspx http://www.sartre-project.eu/en/faa/documents/sartre_faq.pdf	Europa	Spanien	6,4 Mio. € (60% der Mittel von der Europäischen Kommission bereitgestellt)	öffentlich	2009 - 2012	Publikationen http://www.sartre-project.eu/en/publications/Sidor/default.aspx
AHDA	Toyota	Austausch der hintereinander fahrenden Fahrzeuge auf 700Hz-Frequenz bzgl. Beschleunigung und Verzögerung statt der einfachen Abstandsmessung mit Radar. Hierbei werden Fahrassistenzsystem wie ACC- und LDW-Assistenten mit der Kommunikation der Fahrzeuge untereinander verknüpft, um die Sicherheit bei Autobahnfahrten zu erhöhen. Die Fahrzeuge kommunizieren kabellos Fahrdaten wie Beschleunigung oder Bremsung, um einen sichereren Abstand zueinander zu gewährleisten. Mit einer Markteinführung bis Mitte dieses Jahrzehntes setzt Toyota kürzere Fristen als ähnliche Systeme der Konkurrenz.	Mehr Sicherheit auf Autobahnen	Technologie zum Austausch von Beschleunigung und Bremsmanövern per V-to-V für Überlandfahrten in neuen Serienfahrzeugen.	n/a	http://www.toyota-europe.com/world-of-toyota/safety-technology/toyota-automatic-highway-driving-assist.json	Asien	Japan	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2013	Nicht verfügbar
Berta-Benz-Fahrt	Daimler	Autonome Fahrt von Mannheim nach Pforzheim ohne Eingreifen des Fahrers. Das Kartenmaterial wurde von Nokia bereit gestellt.	Demonstration von hochautomatisierter Technologie.	Erfolgreicher Test einer autonomen Fahrt in dichtem Verkehr.	n/a	http://next.mercedes-benz.com/autonom-auf-denspuren-von-bertha-benz	Europa	Deutschland	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2013	Nicht verfügbar
The Oxford Mobile Robotics Group	Oxford University	Projekt zur Verbesserung der Algorithmen zum "Gedächtnis" und der Situationserkennung eines Autos sowie der Einsatz von günstigeren 2D-Sensoren statt 3D-Sensoren. Ein hochautomatisierte Fahrzeug wurde binnen vier Monaten gebaut.	Verschiedene Verbesserungen im Feld der Robotik bzw. des autonomen Fahrens	Forschungsergebnisse zu Robotik und Autonomie in den Bereichen Ortung, Mapping, Kalibrierung von Sensoren und Wahrnehmungsvermögen von Robotern.	Paul Newman PA: Amy Fricker Tel.: +44 1865 283390 amy@robots.ox.ac.uk Ingmar Posner hip@robots.ox.ac.uk	http://mrg.robots.ox.ac.uk	Europa	Oxford, UK	Erhaltenes Preisgeld des "Introducing Driverless Cars"-Wettbewerbs der britischen Regierung: ca. 8 Mio €	öffentlich	Preisverleihung des Wettbewerbs im Februar 2015	Publikationen http://mrg.robots.ox.ac.uk/publications/
DOT Safety Pilot	US-Regierung	LKWs, Autos und Busse kommunizieren in einem groß angelegten Feldversuch miteinander und warnen sich gegenseitig vor gefährlichen Situationen.	Bestimmung der Nützlichkeit von Sicherheitssystemen auf Basis von V2V-Kommunikation unter Realbedingungen in Bezug auf Unfallvermeidung. Darüber hinaus soll die Nutzerakzeptanz und die technologische Reife dieser Systeme getestet werden.	Forschungsergebnisse zu Robotik und Bestimmung des potenziellen Nutzens von Vernetzungstechnologien sowie die Evaluierung der Nutzerakzeptanz. Darüber hinaus werden Forschungslücken identifiziert und entsprechende weitere Forschungsmaßnahmen eingeleitet.	Kevin Dopart Tel.: +1 (202) 366-5004 E-Mail: evin.dopart@dot.gov	http://www.its.dot.gov/safety_pilot/safety_pilot_plan.htm	USA	An Arbor, Michigan	ca. 22 Mio €, 80% davon von U.S. DOT	öffentlich	Seit 2015	Nicht verfügbar
Google-Auto	Google	Gesamtkonzept eines autonomen Fahrzeuges.	Mobilität sicherer, einfacher und angenehmer machen.	Extensive Testergebnisse; Steigerung des Medieninteresses; Serienreifes selbstfahrendes Auto	n/a	https://plus.google.com/+GoogleSelfDrivingCars/about http://www.zeit.de/zeit-wissen/2013/03/autonomes-auto-google-fahrzeugindustrie http://www.zeit.de/digital/mobil/2012-09/google-autonome-autos	USA	Mountain View, CA	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2005	Nicht verfügbar
VISTA	TU Ilmenau	TU Ilmenau betreibt Prüfanlage "Virtuelle Straße" (VISTA), um Zugang zu allen funktions-technischen Aspekten von Autos zu erhalten. Die Abschirmhalle erlaubt Messungen von Anwendungen im Frequenzbereich 70 - 6.000 MHz. Die VISTA wird um eine Nahfeldmesseneinrichtung und Beleuchtungsantennen ergänzt werden.	Aufbau einer Prüfanlage zur umfassenden Analyse von Funksystemen eines Fahrzeugs.	Mess- und Prüfungseinrichtung: Abschirmhalle für Funk-Tests	Professor Matthias A. Hein Technische Universität Ilmenau Innovationszentrums Mobilität Tel.: +49 (0)3677 69-2545 E-Mail: matthias.hein@tu-ilmenau.de	https://www.tu-ilmenau.de/en/journalisten/pressemeldungen/einzelnachricht/newsbeitrag/16678/	Europa	Deutschland	n/a	öffentlich	Seit 2014	Nicht verfügbar

Anhang
Übersicht zu HAF-relevanten
Forschungsprojekten

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
Unterstützung beim Ein- und Ausfahren	Institut für Verkehrssystemtechnik des DZLR	Entwicklung eines Fahrerassistenzsystems zur Unterstützung beim Ein- und Ausfahren im Verkehr.	Vermeidung von kritischen Situationen und Unfällen durch Fahrerassistenzsysteme auch bei vollautomatischem Fahren	Fahrerassistenzfunktion, die bei der Durchführung von Ein- und Ausfahrvorgängen unterstützt.	n/a	http://elib.dlr.de/81731/	Europa	Deutschland	n/a	öffentlich	Seit 2013	Nicht verfügbar
Future Urban Mobility	Singapore MIT Alliance for Research and Technology (SMART)	Entwicklung eines Schaufensters für Planung, Design und Betrieb neuer städtischer Mobilitätsysteme für Personen- und Frachtverkehr. Dabei werden vielversprechende NCC-Technologie-Innovationen gefördert, Entscheidungsmodelle zur Prüfung neuer Mobilitätsmodelle entwickelt sowie Potenziale und Auswirkungen von Innovationen und Entscheidungsmodellen auf die städtische Entwicklung und Planungsorganisationen analysiert.	Entwicklung von innovativen Mobilitätslösungen, die die Sicherheit und den Komfort erhöhen, Zeiterparungen ermöglichen sowie Nachhaltigkeit fördern.	Forschungsergebnisse zu städtischer Infrastruktur; Software-Lösungen und Prozesse (auch im Kontext autonomen Fahrens)	n/a	http://smart.mit.edu/research/future-urban-mobility/research-projects.html	Asien	Singapore	n/a	öffentlich	Seit 2007	Publikationen http://ares.lids.mit.edu/fm/publications.html
Mobile Autonomous Robotics Technology Initiative (MARTI)	Southwest Research Institute (SwRI)	Mithilfe eines mit DSRC-Technologie ausgestatteten Testgelände werden Sensor- und Algorithmus-Performance für autonome bzw. intelligente Fahrzeuge getestet, um die Entwicklung neuer Technologien für fahrerlose Fahrzeuge und aktive Sicherheitssysteme voranzubringen.	Entwicklung von intelligenter Technologie für fahrerlose Fahrzeuge und aktive Sicherheitssysteme.	Mit DSRC-Technologie ausgestattetes Testgelände zum Testen von Sensor- und Algorithmus-Performance für autonome bzw. intelligente Fahrzeuge.	Steven W. Dellenback, Ph.D., PMP Director, Intelligent Systems Department Tel.: +1 (210) 522-3914 E-Mail: steve.dellenback@swri.org	http://www.swri.org/3pubs/brochure/IDSsttU/MARTI/tyler.pdf	USA	San Antonio, TX	ca. 4,5 Mio € Forschungs- und Entwicklungsvolumen	öffentlich	Seit 2006	Nicht verfügbar
-	National University of Defense Technology & First Automotive Works	Forscher der National University of Defense Technology starteten eine Limousine von First Automotive Works mit Sensoren, Kameras und einem Computer aus, mit dem das Auto in der Lage war 154 Meilen Changsha nach Wuhan in 3h 20min zurückzulegen und die Route dabei völlig eigenständig zu wählen.	Fortschritte im Forschungsbereich autonomes Fahren.	Autonomes Testauto, das sich (außer bei Nachtfahrten) ohne GPS zurechtfinden kann.	n/a	http://www.cnet.com/news/china-hot-on-googles-heels-with-driverless-car/	Asien	China	n/a	öffentlich	Seit 2011	Nicht verfügbar
Collaborative Unmanned Systems Technology Demonstrator (CUSTD)	Georgia Tech Research Institute (GTRI)	Projekt zur Kommunikation zwischen verschiedenen Fahrzeugen (Flugzeug und Auto). Hierzu werden die Fahrzeuge mit Computern, Sensoren sowie mit Kommunikationstechnologie mit offenem Standard und Schnittstellen ausgerüstet um ein fahrzeugübergreifendes autonomes System zu erschaffen. Mögliche Anwendungen für kollaborierende Fahrzeuge sind Explorationsszenarien, in denen Flugzeuge mit weniger genauen Sensoren bei der Identifikation möglicher interessanter Objekte autonom ein Bodenfahrzeug mit genaueren Sensoren an die Fundstelle ordert.	Entwicklung einer fahrzeugübergreifenden autonomen Kollaborationstechnologie.	Ausstattung und Test von Testfahrzeugen (Flugzeug und Auto) und Entwicklung von Algorithmen zur Kommunikation zwischen den Fahrzeugen.	n/a	http://gtri.gatech.edu/casestudy/gtri-demonstrates-how-autonomous-vehicles-work-together	USA	Atlanta, GA	n/a	öffentlich	Seit 2010	Nicht verfügbar
Connected Automation	PATH Partners for Advanced Transportation Technology (California)	Definition von operativen Strategien, um cooperative-adaptive-cruise-control-Fahrzeuge (CACC) in die Lage zu bringen, effiziente Fahrzeugkolonnen zu bilden.	Maximierung der Verkehrsflussvorteile durch möglichst effiziente Verknüpfung von CACC-Fahrzeugen und deren Auskopplung bei Erreichung des Fahrtziels.	Neue Ampelschaltungsstrategien, funktionelle und technische Definitionen sowie Beratung der DMV bei der Entwurfserstellung neuer Vorschriften und Gesetze.	n/a	http://www.path.berkeley.edu/research/automated-and-connected-vehicles	USA	Berkeley, CA	n/a	öffentlich	n/a	Publikationen http://www.path.berkeley.edu/publications
Nissan's Autonomous Drive	Nissan Research Center, MIT, Stanford, Oxford, Carnegie Mellon und University of Tokyo	Über 90 Prozent aller Verkehrsunfälle werden durch menschliche Fehler verursacht. Darum entwickelte Nissan Autonomous Drive, wodurch eine "unfallfreie Gesellschaft" durch Eliminierung von menschlichen Fehlern während der Fahrt realisiert werden soll.	Bis 2020: Serienfertigung von Fahrzeugen, die auf Autobahnen und im Stadtverkehr autonom fahren können.	Bis 2020: Serienfertigung von Fahrzeugen, die auf Autobahnen und im Stadtverkehr autonom fahren können.	n/a	http://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/autonomous_drive.html http://www.nissan-global.com/EN/NRRC/ABOUTUS/OVERVIEW/ http://nissannews.com/en-US/nissan/usa/releases/nissan-announces-unprecedented-autonomous-drive-benchmarks	Global	Japan, India, USA, Russia	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2013	Nicht verfügbar
-	AMES (NASA) & Nissan North America	Nissan und die NASA haben eine fünfjährige Partnerschaft geschlossen. Ziel ist es, noch in diesem Jahr ein autonom fahrendes Auto auf die Straße zu bringen.	Partnerschaft in den Bereichen autonome Fahrzeugsysteme, Robotik, HMI, Software Analyse/Verifikation und netzwerkfähige Anwendungen	Algorithmen, Konzepte und integrierte Prototypen von selbstfahrenden Autos	n/a	http://www.nasa.gov/ames/from-rovers-to-self-driving-cars-nasa-ames-and-nissan-north-america-sign-agreement/	USA	Mountain View, CA	n/a	n/a	Seit 2014	Nicht verfügbar
Singapore Autonomous Vehicle Initiative (SAVI)	LTA & A*STAR	Mit einem großen Aufschlag startet Singapur im Bereich Autonomes Fahren. So wurde in der vergangenen Woche das neu gegründete Committee für Autonomous Road Transport for Singapore (CARTS) durch das Transport-Ministerium vorgestellt, das insbesondere die verschiedenen Akteure bei Forschung, Entwicklung und Bereitstellung koordinieren soll. Gleichzeitig wurde auch die Autonomous Vehicle Initiative (SAVI) gegründet. Darin werden die operativen Aufgaben gebündelt, u.a. um bereits zum 1. Januar 2015 erste Teststrecken in Betrieb zu nehmen.	Bereitstellung einer technischen Plattform für Industriepartner und Stakeholder, um Forschung und Entwicklung zu betreiben und als Testfeld für Technologien, Anwendungen und Lösungen des autonomen Fahrens zu fungieren	Testrouten mit viel und wenig befahrenen Strecken für autonomes Fahren	A_V_one-north@lta.gov.sg	http://www.lta.gov.sg/content/ltaweb/en/roads-and-motoring/managing-traffic-and-congestion/intelligent-transport-systems/savi.html	Asien	Singapore	n/a	öffentlich	Seit 2014	Nicht verfügbar

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
LaRA - La Route Automatisée	CAOR (Centre de robotique, MINES ParisTech), IMARA (INRIA French National Institute for Research in Computer Science and Control) & LVIC	In Kooperation mit Firmen hat man an der MINES ParisTech einen Lehrstuhl für die internationale Forschung der Automobil- und Luftfahrtindustrie geschaffen. Partner der Forschungsstelle sind Valeo, Peugeot Citroën und Safran, als auch Universitäten von Shanghai, California, Lausanne und Berkeley. Der Fokus wird auf der Erforschung von autonomen Fahrzeugen liegen.	Assistenz für Autofahrer, um Sicherheit, Komfort und Verkehrseffizienz zu steigern bis hin zu autonomem Fahren.	Partizipation an verschiedenen Projekten (In Fr und EU übergreifend) zur Zukunft der Mobilität und damit verbundene Forschungsergebnisse.	n/a	http://www.lara.prd.fr	Frankreich	Paris	n/a	öffentlich	Seit 2005	Publikationen http://www.lara.prd.fr/publications
simTD	Daimler, VW, Bosch, Fraunhofer, sowie 13 weitere aus Industrie, Wissenschaft und öffentlichen Einrichtungen	simTD erforscht und erprobt seit 2011 die Anwendung von V2X Kommunikation mit dem übergreifenden Ziel der Erhöhung der Verkehrssicherheit und Steigerung der Leistungsfähigkeit des bestehenden Verkehrsnetzes. Dazu wird auf Ergebnissen bisheriger Projekte aufgebaut. Neben der rein wissenschaftlichen Forschung sollen auch praxisorientierte Tests und Versuchsfelder durchgeführt werden. Um das Ergebnis messen und bewerten zu können werden in jeder Phase der Entwicklung des Gesamtsystems Test- und Validierungsmetriken und -methoden entwickelt. Für die in simTD beschriebenen Funktionalitäten und Anwendungen aus den Bereichen Verkehrseffizienz, Fahren und Sicherheit, sowie ergänzende Dienste wird ein Einführungszenario definiert und validiert. Schließlich werden die Funktionalitäten und Anforderungen im Rahmen einzelner Meilensteine verifiziert.	Realitätsnahe Verkehrsszenarien in einer großflächigen Testfeld-Infrastruktur rund um die hessische Metropole Frankfurt adressieren und die politischen, wirtschaftlichen und technologischen Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Einführung der Fahrzeug-zu-Fahrer- und Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Vernetzung vorbereiten	Ergebnisse eines Großversuch und entsprechende Bewertung mit politischen, technologischen und wirtschaftlichen Schlussfolgerungen	Christian Weiß Projektkoordinator Daimler AG Mercedes-Benz Cars Entwicklung Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) Tel.: +49 30 897842-0 Fax.: +49 30 897842-600 info@vda.de	http://www.simtd.de	Europa	Hessen, Deutschland	53 Mio. € plus 30 Mio. € direkte Projektförderung von BMWi und BMBF	öffentlich	2008 - 2013	Projektergebnisse http://www.simtd.de/index.dhtml/de/Backup_publications/Projektergebnisse.html
Ko-FAS	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Projektpartner: Daimler, Continental, Fraunhofer ITS und 13 weitere Projektpartner	Ziel der Forschungsinitiative Ko-FAS war es, wesentliche Beiträge zur Steigerung der Verkehrssicherheit zu leisten. Dazu erarbeitete das Projektteam umfangreiche und hochwertige Ergebnisse zu kooperativen Systemen. Diese Systeme ermöglichen es, kritische Verkehrssituationen frühzeitig zu erkennen, sodass mit vorbeugenden Maßnahmen Konfliktsituationen vermieden oder Unfallfolgen wesentlich vermindert werden können.	Wesentliche Beiträge zur Steigerung der Verkehrssicherheit zu leisten	Ergebnisse zu kooperativen Systemen, die es ermöglichen, kritische Verkehrssituationen frühzeitig zu erkennen, sodass mit vorbeugenden Maßnahmen Konfliktsituationen vermieden oder Unfallfolgen vermindert werden können.	Koordinator Forschungsinitiative Ko-FAS Continental Safety Engineering International GmbH Stephan Zecha Tel.: +49 6023 942-124 E-Mail: koordinator@Ko-FAS.de	http://www.kofas.de	Europa	Deutschland	25,5 Mio. €	öffentlich	2009 - 2014	Publikationen http://ko-fas.de/deutschvergebnisse-publikationen.html
URBAN	URBAN Büro, Daimler, BMW, Continental, Fraunhofer und 24 weitere Partner aus Industrie und Forschung	31 Partner aus Automobil- und Zulieferindustrie, Elektronik-, Kommunikations- und Softwarefirmen, Universitäten sowie Forschungsinstitute und Städte haben sich im Verbundprojekt URBAN zusammengeschlossen, um Fahrerassistenz- und Verkehrsmanagementsysteme für die Stadt zu entwickeln. Besondere Beachtung findet dabei der Mensch in seinen vielfältigen Rollen im Verkehrssystem als Fahrer, Radfahrer, Fußgänger oder Verkehrsplaner.	Entwicklung von Fahrerassistenz- und Verkehrsmanagementsysteme für die Stadt. Fokus: Der Mensch in seinen vielfältigen Rollen im Verkehrssystem als Fahrer, Radfahrer, Fußgänger oder Verkehrsplaner.	Wissenschaftliche Paper und Vorträge zu Fahrerassistenz- und Verkehrsmanagementsystemen für die Stadt	WES-Office Walter Scholl Tel.: +49 (0)7021/97 81-81 Fax.: +49 (0)7021/97 81-82	http://urban-online.org	Europa	Deutschland	n/a	öffentlich	Seit 2012	Publikationen http://urban-online.org/de/publikationen/index.html
Stadtpilot	TU Braunschweig, Sponsoren und Partner: Land Berlin, NUANCE, Real Time Innovations, agile42	Das Projekt Stadtpilot hat sich zum Ziel gesetzt, den Braunschweiger Stadttring autonom im regulären Verkehr zu befahren. Dabei wird auf Erfahrungen des Teams CarOLO aus der Urban Challenge zurückgegriffen. In einer ersten Demonstration im Oktober 2010 wurde das Teilstück vom Haus der Elektrotechnik bis zur Kreuzung Rebering/Mühlengordstraße autonom befahren. Seitdem wird der Versuchsträger "Leonie" kontinuierlich weiterentwickelt. Der Schwerpunkt der Forschung liegt auf der systematischen Entwicklung eines vollständigen Fahrzeugführungssystems mit allen notwendigen Systemkomponenten.	Der Schwerpunkt der Forschung liegt auf der systematischen Entwicklung eines vollständigen Fahrzeugführungssystems mit allen notwendigen Systemkomponenten.	Weiterentwicklung und Ausstattung Testfahrzeug "Leonie"	Ansprechpartner im IFP: Dipl.-Ing. Tobias Scheide E-Mail: t.scheide@tu-bs.de Tel.: 0531 391-9859 Dipl.-Ing. Martin Escher E-Mail: m.escher@tu-bs.de Tel.: 0531 391-9838	https://www.tu-braunschweig.de/fff/forschung/projekte https://www.tu-braunschweig.de/stadtpilot/veroeffentlichungen	Europa	Braunschweig, Deutschland	n/a	öffentlich	Seit 2008	Veröffentlichungen https://www.tu-braunschweig.de/stadtpilot/veroeffentlichungen

Anhang
Übersicht zu HAF-relevanten
Forschungsprojekten

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
CoCar	Karlsruher Institut für Technologie	Zukünftige Automobile werden ihren Fahrer aktiv beim Autofahren unterstützen. Über eingebaute Sensoren, Kameras und intelligente Software-Hardware-Systeme nehmen sie ihre Umgebung wahr und interpretieren diese Informationen. Auf diese Weise können nicht nur Sicherheit und Komfort verbessert, sondern auch die Energieeffizienz gesteigert werden. Mit Hilfe des instrumentierten Testfahrzeugs "CoCar" des FZI Living Labs Automotive werden diese Konzepte bereits heute entwickelt, evaluiert und in der Praxis erprobt.	Forschung und Vorentwicklung für Komfort, Sicherheit und Energieeffizienz.	Ausrüstung eines Testfahrzeugs und verschiedene Testergebnisse zu: Bereitstellung von Benchmark-Daten und Integration neuer Funktionalitäten	FZI Forschungszentrum Informatik Tel.: +49 721 9654-0 Fax: +49 721 9654-909 E-Mail: fzi@fzi.de	http://www.fzi.de/forschung/projekt-details/cocar/	Europa	Karlsruhe, Deutschland	n/a	öffentlich	Seit 2012	Publikationen http://www.fzi.de/forschung/publikationen/suche/?no_cache=1
Robotertaxis	Stadt Milton Keynes	In der süd-englischen Stadt Milton Keynes werden Passagiere künftig nicht mehr nach einem Taxi winken, sondern eines per Smartphone bestellen. Dieses hat keinen Fahrer und bringt die Insassen autonom zum Ziel. Die Stadt will ab 2015 fahrerlose elektrische Fahrzeuge für den Personennahverkehr einsetzen: Sie können per Smartphone angefordert werden und bringen den oder die Passagiere zum gewünschten Ziel. Zwei Insassen sollen so in einem Robotertaxi Platz finden	Sichere und autonome Beförderung von Personen innerhalb der Stadt mithilfe von kleinen Taxis, die bis zu 12 mph fahren können	50 autonome Taxi-Pods für zwei Personen 2015, 100 in 2017	n/a	http://www.miltonkeynes.co.uk/news/local/makers-of-milton-keynes-driverless-public-transport-pods-unveiled-1-6055974	Europa	Milton Keynes, England	ca. 90 Mio € von der britischen Regierung	öffentlich	Seit 2013	Nicht verfügbar
HAVEit	Continental, Volvo, Volkswagen und 14 weitere Partner	Bei der finalen HAVEit Veranstaltung demonstrieren 17 Partner der europäischen Automotive-Industrie und Wissenschaftsgemeinschaft die hochautomatisierte Zukunft des Fahrens. Das von der EU finanzierte Projekt zielt auf die Verbesserung der Fahrsicherheit, sowie der Stärkung der europäischen Automotive-Industrie im Vergleich zum internationalen Markt ab. HAVEit fokussiert sich auf die Realisation der langfristigen Vision des hoch automatisierten Fahrens für intelligenten Transport. In diesem Projekt geht es um die Entwicklung, Validierung, sowie Demonstration wichtiger Zwischenschritte hin zum hochautomatisierten Fahren.	Große Verbesserung der Sicherheit und Effizienz des Fahrens durch: Entwicklung und Validierung der nächsten Generation ADAS, Entwicklung verschiedener Stufen der Automatisierung, Entwicklung und Validierung einer sicheren und skalierbaren Systemarchitektur.	Demonstration einer Auto-Testfahrt durch eine Baustelle und einer Lastwagen-Testfahrt bei starkem Verkehr.	Reiner Hoeger Projekt Coordinator Siemensstraße 12 93055 Regensburg Alfred Hoess Holger Zeng Project Managers Siemensstrasse 12 93055 Regensburg	http://www.haveit-eu.org	Europa	Europa	28 Mio € Budget	öffentlich	2009 - 2011	Ergebnisse http://www.haveit-eu.org/display/1M1.asp?ITMID=24&LANG=EN Publikationen http://www.haveit-eu.org/display/1M1.asp?ITMID=25&LANG=EN
piloted driving	Audi	550 Meilen, also rund 900 Kilometer, legt der Audi A7 piloted driving concept insgesamt auf dem amerikanischen Highway zurück – und das völlig autonom. Nach über 900 Kilometern begeistert der Audi A7 piloted driving concept bei seiner Zieleinfahrt in Las Vegas.	Demonstration der Fähigkeiten der derzeit verfügbaren Technik für hochautomatisiertes Fahren.	Autonom fahrendes Auto auf normalen Straßen.	n/a	http://www.audi.de/de/brand/de/vorsprung_durch_technik/content/2014/10/piloted-driving.html	USA	USA	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2015	Nicht verfügbar
Future Truck 2025	Daimler	Erster autonom fahrender LKW, der selbständig mit Tempo 80 auf der Autobahn fährt und mit seiner Umgebung kommuniziert, wodurch die Sicherheit auf den Straßen erhöht werden soll.	Der Verkehr soll flüssiger, kalkulierbarer und sicherer fließen. Menschliche Fehler am Steuer sollen vermieden werden. Speditoren sollen wirtschaftlicher und flexibler arbeiten.	Autonom fahrender LKW, der fähig ist, mit seiner Umwelt zu kommunizieren.	n/a	http://next.mercedes-benz.com/en/autonomous-truck-logistics-en/	Europa	Deutschland	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2013	Nicht verfügbar
Autonomes Fahren – Förderprojekt Villa Ladenburg	Mercedes-Benz-Stiftung	Ziel ist die Untersuchung der individuellen und gesellschaftlichen Anforderungen an das autonome Fahren – sowohl in Bezug auf Stadtfahrten, Personen- oder Güterverkehr, als auch auf Landstraßen oder der Autobahn.	Untersuchung der individuellen und gesellschaftlichen Anforderungen an das autonome Fahren – sowohl in Bezug auf Stadtfahrten, Personen- oder Güterverkehr, als auch auf Landstraßen oder der Autobahn.	Publikationen und wissenschaftliche Forschungsarbeiten zum Thema vernetztes autonomes Fahren in der Logistik.	Daimler und Benz Stiftung Dr.-Carl-Benz-Platz 2 68523 Ladenburg Tel.: +49 6203-1092-0 Fax: +49 6203-1092-5 E-Mail: info@daimler-benz-stiftung.de	http://www.pressrelations.de/news/standard/derreferer.cfm?r=58253	Europa	Deutschland	1,5 Mio €	öffentlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
Visio.M	TUM, BMW, Continental, Daimler, Siemens	Bis 2020: Teleoperiertes Fahrzeug für Privatpersonen, das Mobilfunk nutzt und von einem Operator unterstützt wird.	Bis 2020: Teleoperiertes Fahrzeug für Privatpersonen, das Mobilfunk nutzt und von einem Operator unterstützt wird.	Testfahrzeug, das über LTE-Verbindung gesteuert werden kann.	Technische Universität München Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik Alexa Wawra Bolztmanstr. 15 85748 Garching E-Mail: info@visiom-automobile.de	http://www.vision-automobile.de	Europa	Deutschland	ca. 11 Mio €	öffentlich	Seit 2012	Aktuelles http://www.vision-automobile.de/aktuelles/
RACE	Universität Stuttgart, Siemens, TUM, Fraunhofer Aisee, RWTH Aachen	Das Projekt RACE entwickelt eine zentralisierte IKT-Architektur: Neue Infotainment- und darüber hinaus Fahr- und Assistenzfunktionen sollen (unabhängig von Hardware) nicht mehr in Form von Steuergeräten, sondern nur noch in Form von Software im Fahrzeug installiert werden.	Entwicklung einer zentralisierten IKT-Architektur: Neue Infotainment- und darüber hinaus Fahr- und Assistenzfunktionen sollen (unabhängig von Hardware) nicht mehr in Form von Steuergeräten, sondern nur noch in Form von Software im Fahrzeug installiert werden.	Reduktion der Komplexität der IKT-Architektur durch eine einheitliche, offene Basisplattform, Unterstützung neuer, komplexer Funktionen, Plug&Play-Fähigkeit sowie Zulassungsfähigkeit der IKT-Architektur. Aufzeigen eines Migrationsplans.	Kontakt für Presse: Klaudia Kunze Siemens AG Otto-Hahn-Ring 6 81739 München, Deutschland Tel.: +49 (0) 89 - 636 33 44 6 Mobil: +49 (0) 152 - 288 749 73 E-Mail: klaudia.kunze@siemens.com	http://www.projekt-race.de/en/	Europa	Deutschland	ca. 10 Mio €	öffentlich	Seit 2012	Abschlussbericht http://www.projekt-race.de/upload/downloads/ikt2030de-gesamt.pdf
V-Charge	ETH Zürich, Bosch, VW, TU Braunschweig, Oxford University	Folgendes Szenario soll entwickelt und getestet werden: Das Elektroauto wird am Bahnhof abgestellt, der Fahrer nutzt den Zug, um in die Stadt zu gelangen. Das Fahrzeug fährt automatisch in ein Parkhaus und dort an eine Ladestation. Sobald es vollständig aufgeladen ist, sucht es einen freien Parkplatz und wartet dort auf den Besitzer des Fahrzeugs.	Erfolgreiches Testzenario für autonome Elektromobilität im urbanen Raum.	Demonstration von Testzenarien mit Hilfe eines nur mit GPS, Kameras, Ultraschallsensoren und Software ausgestatteten Testfahrzeugs (VW Golf).	Roland Siegwart (Koordinator) E-Mail: rsiegwart@ethz.ch Regina Notz (Projektmanager) E-Mail: regina.notz@ethz.ch	http://www.v-charge.eu/	Europa	Schweiz	5,63 Mio. €	öffentlich	2011 - 2015	Veröffentlichungen http://www.v-charge.eu/?cat=4
-	Universität der Bundeswehr München	1994: Erstes autonomes Auto auf einer deutschen Autobahn. Zwei Testwagen, ausgerüstet mit Kameras und Computer, fahren bis auf Autobahnkreuzungen und Baustellen vollautomatisch.	Erfolgreiches Testen von autonomem Fahren auf Autobahnen.	Demonstration von einer bis auf Autobahnkreuzungen und Baustellen vollautomatischen Fahrt von zwei Testwagen auf der Autobahn.	n/a	http://www.focus.de/auto/experten/vieweg/autonomes-fahren-roboter-autos-sind-ein-alter-hu_t_id_3502096.html	Europa	Deutschland	n/a	privatwirtschaftlich	1993 - 1995	Nicht verfügbar

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
	MINES ParisTech, Valeo, PSA etc.	Eines der ersten Projekte ist die Unterstützung beim Detektieren von Fußgängern. In den kommenden vier Jahren will man Personen besser identifizieren, sie tracken und ihre Richtung voraussagen können.	Das vorhandene Wissen zu erweitern, intelligente Systeme für Fahrzeuge zu entwickeln, vollautomatisierte Fahrzeuge auf Europas, Asiens und Amerikas Straßen zu bringen.	Forschungsergebnisse im Bereich autonomer Fahrzeuge: Paper, Ausgerüstete Test-Fahrzeuge	MINES ParisTech – Amalthea: Floriane Gouache Tel.: +33 (0)1 76 21 67 52 E-Mail: fgouache@amalthea.fr Murielle Mazau Tel.: +33 (0)4 26 78 27 16 E-Mail: mmazau@amalthea.fr Valeo: Media Relations Tel.: +33 (0)1 40 55 21 75 / 37 18 E-Mail: press-contact.mailbox@valeo.com PSA Peugeot Citroën: Caroline Brugier-Corbiere Tel.: +33 (0)1 40 66 58 54 E-Mail: caroline.brugier-corbiere@mps.com Safran: Media Relations Tel.: +33 (0)1 40 60 82 20 / 80 28 E-Mail: service.presse-safran@safran.fr	http://www.valeo.com/en/journals/news/research-chair-in-partnership-with-valeo-peugeot-citroen-safran-and-mines-paristech-1955.html	Europa	Frankreich	3,7 Mio €	öffentlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
	Volvo, Skandinavische Verkehrsbehörden	1000 Fahrzeuge sollen sich gegenseitig im Testbetrieb vor Gefahrenstellen wie etwa vereisten Fahrbahnen und eingeschalteten Warnblinkern (anderer Fahrzeuge) warnen. Die Informationen werden dabei über ein cloud-basiertes Netzwerk ausgetauscht. In Zukunft soll so für mehr Verkehrssicherheit, höheren Fahrkomfort und einen besseren Verkehrsfluss gesorgt werden.	Testautos, die Glätte und andere Gefahren auf der Straße ermitteln und über die Cloud teilen.	Ausgereifte Kommunikationstechnik zur Gefahrenwarnung, die serienmäßig bei der nächsten Fahrzeuggeneration eingesetzt werden kann.	Michael Schweitzer Manager Produktkommunikation u. elektronische Medien Volvo Car Germany GmbH Tel.: +49 (0) 221 9393 108 Mobil: +49 (0) 173 5 820 206 E-Mail: michael.schweitzer@volvocars.com	https://www.media.volvocars.com/de/de-media/pressreleases/157065/volvo-treibt-cloud-basierten-informationsaustausch-vor-autos-warnen-sich-gegenseitig-vor-glatten-s	Europa	Skandinavien	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2015	Nicht verfügbar
CarLife	Hyundai, Baidu	Gemeinsam mit Hyundai sollen Infotainmentsysteme und Smartphone-Integration entwickelt und Internet im Fahrzeug ausgebaut werden. Die geplante Plattform zur Entwicklung von Software läuft unter dem Titel "CarLife".	Möglichst viele Automobilhersteller zur Adaption des Systems zu bewegen, um Kunden halten/Neukunden gewinnen zu können, wenn die Smartphone Integration wichtiger wird.	Entwicklung der Plattform "CarLife", Technologie zur Abbildung von Mobilfunk-Funktionen über das Handy auf dem Autodisplay sowie Sicherstellung der Kompatibilität mit verschiedenen Apps.	E-Mail: carlife@baidu.com	http://carlife.baidu.com	Asien	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
PRESERVE	Renault, Fraunhofer, University of Twente, escript, KTH, Trialog	Das Ziel von PRESERVE ("Preparing Secure Vehicle-to-X Communication Systems") ist es, sichere und geschützte V2X Kommunikation durch die Bereitstellung und den Feldtest eines Sicherheits- und Datenschutz-Subsystems für V2X Systeme weiter voranzutreiben. PRESERVE besteht seit 2011 und kombiniert und erweitert die Ergebnisse von früheren Forschungsprojekten und integriert und entwickelt sie bis zu einem Pre-Marktreife-Status durch Verbesserung der Skalierbarkeit, Senkung der Kosten-Faktoren und Bewältigung der noch offenen Bereitstellungsprobleme. PRESERVE zielt darauf ab, einen umfassenden Schutz für Fahrzeugsensoren, Bordnetz, V2V / V2I-Kommunikation und die Empfänger-Anwendung zu bieten. PRESERVE wird ein komplettes, skalierbares und kosteneffizientes V2X Sicherheitssystem, das kurz vor Marktreife steht, präsentieren und auch anderen FOT Projekte und Interessenten für die laufende Prüfung zur Verfügung stellen.	Sichere und geschützte V2X Kommunikation soll durch Bereitstellung und Tests von entsprechenden Subsystemen für V2X Systeme näher an die Serienreife herangeführt werden.	Ein vollständiges, skalierbares und günstiges V2X Sicherheitssystem, das Close-To-Market ist.	Dr. Frank Kargl University of Twente P.O.Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands Tel.: +31 53 489 4302 E-mail: f.kargl@utwente.nl	http://preserve-project.eu	Europa	n/a	5,438 Mio €	öffentlich	Seit 2011	V2X Security Architecture V2 https://www.preserve-project.eu/sites/preserve-project.eu/files/PRESERVE-D1.3-V2X_Security_Architecture_V2.pdf Weitere Deliverables unter https://www.preserve-project.eu/deliverables

Anhang
Übersicht zu HAF-relevanten
Forschungsprojekten

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
Drive C2X	34 Partner und 13 unterstützende Mitglieder (u.a. Daimler, Renault, Bosch, Continental, Fraunhofer, ...)	Dieses Projekt stellt eine erste umfassende Bewertung von kooperativen Systemen in Europa durch Testfelder (FOTS) auf. DRIVE C2X baut auf dem Vorgängerprojekt PRE-DRIVE C2X auf und testet kooperative Technologien an verschiedenen europäischen Testfeldern: Finnland, Frankreich, Deutschland, Italien, Niederlande, Spanien und Schweden. Dies führt zu einem gemeinsamen europäischen Test-Umfeld für C2X Technologien. Die Resultate werden verwendet um Aufmerksamkeit unter der Bevölkerung zu schaffen, Feedback an Standardisierungsorganisationen zu geben und Unternehmungen aufzubauen. Diese Schritte führen zu einer erfolgreichen Road-to-market.	Die Grundlage für die Einführung kooperativer Systeme in Europa legen und dadurch sichereres, ökonomischeres und umweltfreundlicheres Fahren erreichen.	Umfassende, europaweite Bewertung von kooperativen Systemen durch operationale Testfelder (FOTS).	Matthias Schulze Senior Manager Driver Support Daimler AG E-Mail: matthias.m.schulze@daimler.com	http://www.drive-c2x.eu	Europa	n/a	18,2 Mio €	öffentlich	2011 - 2014	Abschlussbericht http://www.drive-c2x.eu/1_files/publications/Deliverables%20and%20abstracts/DRIVE%20C2X_D11%2006_Final%20report%20(full%20version).pdf
Compass4D	Siemens, Volvo, Catecom, 20 weitere	Das europäische Projekt Compass4D, das seit 2013 besteht, konzentriert sich auf drei Dienste, die die Sicherheit und den Komfort der Fahrer durch eine Verringerung der Anzahl und Schwere der Unfälle im Straßenverkehr sowie die Vermeidung von Warteschlangen und Staus erhöhen. Compass4D wird auch einen positiven Einfluss auf die lokale Umwelt haben, durch die Verringerung der CO2-Emissionen und den Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge. Die drei Dienste sind ein Warnsystem für den Fahrer bei Roten Ampeln und Notsituationen, ein System, das vor Hindernissen auf der Straße warnt sowie ein energieeffizienter Umgang mit Ampeln (Anpassung von Fahrmanövern an Ampelsteuerung, Anpassung der Ampelsteuerung an besondere Fahrzeuge wie Rettungswagen), wodurch Energieverbrauch und Emissionen reduziert werden sollen. Durch eine Kombination von bereits bestehenden Technologien, die in vorherigen Projekten wie FRELLOT und COSMO eingeführt wurden und solchen, die kurz vor Markteinführung stehen, sollen diese Dienste entwickelt werden. Dazu werden dedizierte Kurz-Distanz-Kommunikation und Mobilfunknetze nach ETSI TC ITS Standards verwendet. Das Projekt wird darüber hinaus Einführungsbarrieren identifizieren und Geschäftsmodelle entwickeln, um die Dienste selbstfinanziert aufzubauen.	Erhöhung der Straßensicherheit, Energieeffizienz und Verringerung von Staus in Städten.	Die Untersuchung und Bewertung der Use Cases: Warnung bei roten Ampeln; Warnung bei Straßenschäden und Hindernissen; Energieeffizienter Umgang mit Kreuzungen bzw. Ampeln (Anpassung von Fahrmanövern an Ampelsteuerung, Anpassung der Ampelsteuerung an spezielle Fahrzeugtypen wie Rettungswagen)	Giacomo Somma (Projektkoordinator) E-mail: g.somma@ma.ertico.com Carla Coppola (Presse) Email: c.coppola@mail.ertico.com Compass4D c/o ERTICO - ITS Europe 326 Avenue Louise B-1050 Brussels, Belgium	http://www.compass4d.eu	Europa	n/a	ca. 5 Mio €	öffentlich	Seit 2013	Deliverables http://www.compass4d.eu/results/
FOTSis	OHL Concesiones, 20 weitere	FOTSis (European Field Operational Test on Safe, Intelligent and Sustainable Road Operation) ist ein groß angelegtes Testfeld für Straßeninfrastruktur-Management-Systeme, um die Wirksamkeit und das Potential bei großflächigem Einsatz auf europäischen Straßen von sieben close-to-Market kooperativen (V2V, V2I- & I2I-) Technologien zu testen. Neun Teststrecken in vier Ländern (Spanien, Portugal, Deutschland und Griechenland) sollen ausgerüstet werden und die folgenden Services bieten: S1: Notfall-Management, S2: Sicherheits-Vorfall-Management, S3: Intelligente Lastkontrolle, S4: Dynamische Routenplanung, S5: Sonderfahrzeugortung, S6: Erweiterte Vollstreckung und S7: Infrastruktur Sicherheitsbeurteilung.	FOTSis soll in den Herausforderungen für das europäische Straßensystem (Sicherheit, Mobilität und Nachhaltigkeit) unterstützen.	Bewertung und Analyse des großangelegten Feldversuchs von I2X- und V2I-Straßeninfrastruktur-managementsystemen.	E-Mail: cacheiro@ohlconcesiones.com Kontaktformular unter: http://www.fotsis.com/index.php/contact-us	http://www.fotsis.com	Europa	n/a	ca. 14 Mio €	öffentlich	Seit 2011	Mid-Term Report http://www.fotsis.com/index.php/library/deliverables-old?download=135:d13-m21-mid-term-report Weitere Deliverables http://www.fotsis.com/index.php/library/deliverables-old
Amsterdam Group	Car2Car, CEDAR, SECAP, POLIS	Förderung des Informationsflusses, der Diskussion und der Lösungsentwicklung unter den involvierten Partner-Forschungsprojekten: Car2Car, POLIS, CEDAR und SECAP im Kontext von C-ITS.	Förderung des Informationsflusses, der Diskussion und der Lösungsentwicklung unter den involvierten Stakeholdern.	Das Output der jeweiligen Stakeholder soll durch den Austausch im Rahmen der Amsterdam Group verbessert werden.	Maarten Amelink E-Mail: info@amsterdamgroup.eu	https://amsterdamgroup.mett.nl	Europa	n/a	n/a	öffentlich	Seit 2013	Road Map Document https://amsterdamgroup.mett.nl/Downloads/downloads_getfilem.aspx?id=312793
Apple CarPlay	Mercedes, BMW, Toyota, Renault und 28 weitere Automobilhersteller sowie Alpine und Pioneer	Die Mobilfunk-Funktionen werden seit 2014 über das iPhone (ab Version 5) auf dem Autodisplay abgebildet, verschiedene Apps sind kompatibel (Maps, Messages, Musik, Telefonieren, etc.). Apple CarPlay kann auch mit Geräten verschiedener Hersteller (Parrot, JVC Kenwood, Pioneer) nachgerüstet werden. Bisher beteiligen sich 26 große OEMs; in 40 neuen Modellen soll CarPlay funktionsfähig sein.	Möglichst viele Automobilhersteller zur Adaption des Systems zu bewegen, um Kunden halten/Neukunden gewinnen zu können, wenn Smartphone Integration wichtiger wird.	Mobilfunk-Funktionen werden über das iPhone (ab Version 5) auf dem Autodisplay abgebildet, verschiedene Apps sind kompatibel. Basis bietet die iOS-Plattform.	n/a	https://www.apple.com/ios/carpplay	Global	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
MirrorLink – Car Connectivity Consortium	ca. 50 Partner	Zur heutigen Zeit hat jedes Smartphone eine größere Bandbreite an Funktionen und Anwendungen als ein Auto. Mirrorlink (früher als Terminal-Modus bekannt) löst dieses Problem, indem es eine nahtlose Konnektivität zwischen dem Smartphone und dem Infotainment-System des Autos herstellt. Der Fahrer schließt das Smartphone mit einem Kabel an und erhält so Zugang zu all seinen Smartphone-Anwendungen über den Navigationsbildschirm des Autos und die jeweiligen Steuereinheiten. Die Partner des Car Connectivity Consortiums, die gemeinsam seit 2011 an MirrorLink arbeiten, decken 70% des Marktanteils an Automobilherstellern und mehr als 60% des Anteils an Smartphoneherstellern ab und umfassen zusätzlich Kommunikationsunternehmen, Zulieferer und Technologieunternehmen.	Plattformunabhängig sollen Apps über das Smartphone in das Auto gebracht werden, wenn sie die entsprechenden Anforderungen erfüllen.	Technologie zur Abbildung von Mobilfunk-Funktionen über das Handy auf dem Autodisplay sowie Sicherstellung der Kompatibilität mit verschiedenen Apps.	Car Connectivity Consortium Administration 3855 SW 153rd Drive Beaverton, OR 97003 USA Tel.: +1 503-619-1163 Fax: +1 503-644-6708	http://www.mirrorlink.com	Global	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2011	Pressemitteilungen http://www.mirrorlink.com/press-releases

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
Open Automotive Alliance	Ford, Daimler, Renault, VW, Google und ca. 45 weitere	Die Allianz besteht aus einer Gruppe der größten Automobilhersteller, Zulieferern und Technologieunternehmen, die Technologie im Auto sicherer, intuitiver und die Übergänge fließender machen wollen. Dafür soll eine Androidplattform genutzt werden, an der alle gemeinsam arbeiten. Der Vorteil für die Automobilhersteller besteht darin, eine Plattform, die bereits von Millionen genutzt wird, auch für ihre Autos nutzen zu können. Für Fahrer bietet sich die Möglichkeit in angenehmer, sicherer Weise ihr Handy im Fahrzeug zu nutzen, ohne den Blick von der Straße abzuwenden zu müssen. Vorteile für Entwickler bestehen darin, für nur eine Plattform zu programmieren, statt für jeden OEM eine Individuallösung zu erstellen.	Technologie im Auto sicherer, intuitiver und Übergänge fließender machen. Dafür soll eine Androidplattform genutzt werden, an der alle gemeinsam arbeiten.	Auf Android basierende Technologie zur Abbildung von Mobilfunk-Funktionen über das Handy auf dem Autodisplay sowie Sicherstellung der Kompatibilität mit verschiedenen Apps.	n/a	http://www.openautoalliance.net	Global	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2014	Nicht verfügbar
Genivi	Nissan, Volvo, Daimler und ca. weitere 70 Partner	Genivi ist eine Non-Profit-Industrie-Allianz, die seit 2009 die großflächige Adaption einer In-Vehicle Infotainment (IVI) Open-Source-Entwicklungsplattform vorantreibt. Die Allianz zielt darauf ab, verschiedene Anforderungen anzugehen, Referenzimplementierungen vorzustellen, Zertifizierungsprogramme anzubieten und eine lebendige Open-Source-IVI-Gemeinde zu fördern. Die Arbeit der Allianz verkürzt Entwicklungszyklen, beschleunigt die Time-to-Market und verringert Kosten für Unternehmen in Bezug auf die Entwicklung von IVI-Ausrüstung und Software.	Weitläufige Einführung von Open-Source In-Vehicle Infotainment Software.	Schnellere Entwicklungszyklen, schnellere Time-To-Market, reduzierte Kosten für Unternehmen, die IVI-Equipment und -Software entwickeln	Steve Crumb Executive Director Global Inventures / GENVI Alliance Tel.: +1.813.469.5322 E-Mail: scrumb@inventures.com	http://www.genivi.org	Global	n/a	n/a	n/a	Seit 2009	Software Architecture Report https://www.genivi.org/sites/default/files/GENVI_IVI_Software_Architecture_Report.pdf Weitere Dokumente http://www.genivi.org/resource-documents
AUTOSAR	Daimler, BMW, Bosch VW und ca. 35 weitere Partner	Das Ziel der Kooperation ist, den Austausch von Software auf verschiedenen Steuergeräten zu erleichtern – durch einheitliche Softwarearchitektur mit einheitlichen Beschreibungs- und Konfigurationsformaten für Embedded Software im Automobil. AUTOSAR definiert Methoden zur Beschreibung von Software im Fahrzeug, die sicherstellen, dass Softwarekomponenten wiederverwendet, ausgetauscht, skaliert und integriert werden können.	Austausch von Software auf verschiedenen Steuergeräten erleichtern – durch einheitliche Softwarearchitektur mit einheitlichen Beschreibungs- und Konfigurationsformaten für Embedded Software im Automobil.	Standards bzw. Methoden zur Beschreibung von Software im Fahrzeug, die sicherstellen, dass Softwarekomponenten wiederverwendet, ausgetauscht, skaliert und integriert werden können.	AUTOSAR Bernhard-Wicki-Strasse 3 80636 München Tel.: +49 (89) 255471-3302 Fax: +49 (89) 255471-40 E-Mail: request@autosar.org	http://www.autosar.org	Europa	n/a	n/a	öffentlich	Seit 2003	Spezifikationen http://www.autosar.org/specifications/release-42/ Publikationen http://www.autosar.org/events-publications/publications/papers-presentations/
Car2Car	Volvo, Daimler, BMW, Ford, Audi, Renault, VW, Fraunhofer, Bosch und ca. 50 weitere	Das CAR 2 CAR Communication Consortium (C2C-CC) ist eine gemeinnützige, industrie-orientierte Organisation, die von europäischen Fahrzeugherstellern initiiert und von Zulieferern, Forschungsanstalten und anderen Partnern unterstützt wird. Es hat das Ziel die Verkehrssicherheit und Effizienz der Fahrzeuge durch kooperative intelligente Verkehrssysteme (C-ITS) mit Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation (V2V) die von Fahrzeug-zu-Infrastruktur Kommunikation (V2I) unterstützt wird, zu erhöhen. Das C2C-CC unterstützt die Schaffung von europäischen Standards für die Kommunikation zwischen Fahrzeugen über alle Automobilmarken hinweg. Als wichtiger Inputgeber befindet sich das C2C-CC in enger Zusammenarbeit mit den europäischen und internationalen Normungsorganisationen. In Zusammenarbeit mit Akteuren des Infrastruktursektors fördert das C2C-CC den gemeinsamen Einsatz von kooperativen ITS.	Weitere Verbesserung in Straßensicherheit und Effizienz durch ein kooperatives, intelligentes Transportsystem.	Ein europäischer C-ITS Standard (V2V, V2I), eine Roadmap für seine Verbreitung und Harmonisierung mit dem weltweiten C2C Standard.	Dr.-Ing. Karl-Oskar Proskawetz ITS Niedersachsen GmbH Hermann-Blenk-Straße 17 D-38108 Braunschweig Tel.: +49 531 / 354 06-72 Fax: +49 531 / 345 06-74 E-Mail: contact@car-2-car.org	https://www.car-2-car.org	Europa	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2013	Dokumente https://www.car-2-car.org/index.php?id=231
iCarSupport	Erico, FIA, Decra, VIT, Austriatech, Q FREE, ACEA, VIT	Information und Zusammenfassung von Standardisierungsaktivitäten, die im Feld intelligenter Transportsysteme von verschiedenen Standardisierungsorganisationen durchgeführt werden. Unterstützung der Aktivitäten des iMobility Forums sowie der ITS Einführung.	Information und Zusammenfassung von Standardisierungsaktivitäten im Feld intelligenter Transportsysteme von verschiedenen Standardisierungsorganisationen	Unterstützung von iMobility Forum Aktivitäten sowie ITS Einführung	Lina Konstantinopoulou E-Mail: l.konstantinopoulou@mail.ericco.com Patricia Pelfrene E-Mail: p.pelfrene@mail.ericco.com	http://www.imobilitysupport.eu	Europa	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2012	First Intelligent Car Report http://www.imobilitysupport.eu/library/european-commission-documents/1115-first-intelligent-car-report/file Deliverables http://www.imobilitysupport.eu/library/european-commission-documents

Anhang
Übersicht zu HAF-relevanten
Forschungsprojekten

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
AKTIV	VW, Daimler, Ford, Bosch, Continental, Siemens, Allianz, TU München, ... (insgesamt 29 Partner)	Aktiv steht für „Adaptive und Kooperative Technologien für den Intelligenteren Verkehr“. Mit dem Ziel, den Verkehr der Zukunft sicherer und flüssiger zu machen, entwickeln die Partner in vierjähriger Forschungsarbeit bis Mitte 2010 gemeinsam neue Fahrerassistenzsysteme, Informationstechnologien sowie Lösungen für ein effizientes Verkehrsmanagement und für die Fahrzeug-Fahrzeug- bzw. Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation.	Förderung der aktiven Sicherheit des Fahrzeugs und des Verkehrsmanagements.	Neue Fahrerassistenzsysteme, Informationstechnologien sowie Lösungen für ein effizientes Verkehrsmanagement und für die V2V- bzw. V2I-Kommunikation.	Walter Scholl Hilfenbergstraße 10 73230 Kirchheim unter Teck Tel.: +49 (0) 7021 / 97 81 - 81 Fax: +49 (0) 7021 / 97 81 - 82 E-Mail: aktiv@wes-office.de	http://www.aktiv-online.org	Europa	n/a	27 Mio €	öffentlich	2006 - 2010	Abschlussbericht http://www.aktiv-online.org/Deutsch/Downloads/Broschuere/nErgebnisbuch_aktiv_gesamt.pdf
CityMobil	DLR, Institut für Kraftfahrwesen Aachen, insgesamt ca. 28 Partner	Sicherheitsanwendungen und Technologien, sichere Geschwindigkeit und Folgen, seitliche Unterstützung, Sicherheit an Kreuzungen, aktive 3D-Sensor-Technologie für Crash-Vermeidung und Tote-Winkel Überwachung	Die Implementierung von automatisierten Transportsystemen in städtischen Umgebungen einen wichtigen Schritt voranzutreiben: für mehr Sicherheit, höhere Lebensqualität und weniger Umweltbelastung	Demonstrationen von zukünftigen Fahrzeugen für Mobilität; Entwurf von Zukunftsszenarios - technologische Aspekte, operationelle Aspekte, Bewertung und Übergang zur weiteren Verbreitung.	TNO - CityMobil coordination Margriet van Schijndel-de Nooij E-Mail: margriet.vanschijndel@tno.nl	http://www.citymobil-project.eu	Europa	n/a	40 Mio €	öffentlich	2006 - 2011	Abschlussbericht Teil 1-3 http://www.citymobil-project.eu/downloads/Deliverables/D5.4.1-1-PU-Final%20dex%20post%20report%20part%201,%20%20%20and%203-CityMobil.pdf Abschlussbericht Teil 4 http://www.citymobil-project.eu/downloads/Deliverables/D5.4.1-4-PU-Final%20dex%20post%20report%20part%204-CityMobil.pdf
PICAV	DIMEC - Universität von Genua und 6 weitere	Ein neues Mobilitätskonzept, das Fahrgästen Zugang zu allen denkbaren städtischen Fußgängerumgebungen gewährt und dabei einen Fahrzeugbestand an PICAV Einheiten einbindet. Außerdem werden Funktechnologien geliefert, die speziell für Menschen mit eingeschränkter Mobilität gestaltet sind.	Ziel war es das PICAV (Personal Intelligent City Accessible Vehicle System) Transport System zu entwickeln.	Ein neues Mobilitätskonzept, das Zugang zu städtischen Fußgängerumgebungen gewährt. Entwicklung von Funktechnologien für Menschen mit eingeschränkter Mobilität.	Mr Ettore Ginestra Università degli Studi di Genova Tel.: +39-010-3532843	http://www.dimec.unige.it/pmar/picav/	Europa	n/a	3,94 Mio €	öffentlich	2009 - 2012	Abschlussbericht http://cords.europa.eu/documents/documentlibrary/142630411EN8.zip
CATS	LOHR Industrie, Europe Recherche Transport und 8 weitere	Ziel ist es, einen neuen Transportservice für den urbanen Bereich auf der Basis von Fahrzeugen der neuen Generation zu schaffen. Dabei liegt der Fokus auf der Lücke zwischen öffentlichem Massentransport und Fahrzeugen für den privaten Gebrauch.	Ein neuer Transportservice für den urbanen Bereich zwischen öffentlichem Massentransport und privatem PKW.	Vier Cristal Fahrzeuge und zwei Stationen bzw. Haltestellen, die zwei Konzepte erfüllen. 1. die Vermietung von Fahrzeugen für kurze Zeitabschnitte und 2. das Konzept eines Fahrzeugskonvois, der von einem erfahrenen Fahrer geleitet wird.	Geaj-M Vallotton Et. T. Chanard Architects-Urbanistes FSU SA Rue de Bourg 2B Lausanne, Switzerland Administrative contact: Thierry Chanard Tel.: +41 21 310 01 40 Fax: +41 21 310 01 49	http://transport.epfl.ch/cats-city/alternative-transport-system	Europa	Schweiz	n/a	öffentlich	2009 - 2014	Periodischer Report http://cords.europa.eu/documents/documentlibrary/135730871EN8.zip
FURBOT	University of Pisa und 7 weitere	FURBOT möchte eine neue Konzeptarchitektur für ein leichtes, vollelektrisches Fahrzeug für effizienten und nachhaltigen Transport in urbanen Regionen entwickeln.	Ziel ist es, ein neues Fahrzeug zu entwickeln, um den städtischen Güterverkehr zu verbessern.	Ein Fahrzeugprototyp, der folgende Anforderungen erfüllt: Energieeffizienz, Nachhaltigkeit, Geschwindigkeit in der Mobilität, Modularität, intelligent automatisiertes Fahren, um robotisierte Frachthandhabung.	University of Pisa Largo Lucio Lazzarino, 2 56122 - Pisa (PI), ITALY Elvezia M. Cepolina Tel: +39 050 2217732 E-Mail: elvezia.cepolina@ing.unipi.it	http://www.furbot.eu	Europa	n/a	3,27 Mio €	öffentlich	2011 - 2014	Zusammenfassung: Periodischer Report http://cords.europa.eu/result/cv/58594_en.pdf
CityMobil2	DLR und ca. 40 weitere Partner	Als ein Baustein im Transportmix will CityMobil2 automatisierte, führerlose Transportsysteme implementieren. Ziele sind: Entwicklung eines automatisierten Straßenverkehrssystems, das mindestens sechs Monate an europaweit fünf Standorten betrieben wird; Richtlinien, um ein automatisiertes Straßenverkehrssystem zu entwerfen und zu implementieren; ein verbessertes Verständnis der Interaktion von automatisierten Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmern erlangen; einen Vorschlag für ein rechtliches Rahmenwerk erarbeiten, um automatisierten Straßenverkehr in Europa zu zertifizieren; Darstellung von Vorzeigeprojekten an verschiedenen Standorten in Europa; Entwicklung von technische Spezifikationen für kompatible automatisierte Straßenverkehrssysteme, die eine Kommunikationsarchitektur beinhalten.	Ziel ist es die wesentlichen Barrieren (rechtliche Rahmenbedingungen, Rahmenwerke zur Implementation und die großflächigen wirtschaftlichen Auswirkungen in Bezug auf die europäische Automobilindustrie), die der Einführung von automatisierten Straßenverkehrssystemen entgegenstehen, zu beseitigen.	Entwicklung eines automatisierten Straßenverkehrssystems, das mindestens sechs Monate an europaweit fünf Standorten betrieben wird; Richtlinien, um ein automatisiertes Straßenverkehrssystem zu entwerfen und zu implementieren; ein verbessertes Verständnis der Interaktion von automatisierten Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmern erlangen; einen Vorschlag für ein rechtliches Rahmenwerk erarbeiten, um automatisierten Straßenverkehr in Europa zu zertifizieren; Darstellung von Vorzeigeprojekten an verschiedenen Standorten in Europa; Entwicklung von technische Spezifikationen für kompatible automatisierte Straßenverkehrssysteme, die eine Kommunikationsarchitektur beinhalten.	Adriano Alessandrini (Projektkoordinator) Suzanne Hoadley (Koordinator für Veröffentlichung) E-Mail: shoadley@polsinetwork.eu	http://www.citymobil2.eu/en/	Europa	n/a	15 Mio €	öffentlich	2012 - 2016	Periodischer Report http://cords.europa.eu/result/cv/156463_en.pdf Weitere Deliverables http://www.citymobil2.eu/en/Downloads/Public-deliverables/

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/Dokumentation
PreVENT	AUDI, BMW, VW, Renault, Siemens, Ford, und ca. 40 weitere	Das Projekt PreVENT wurde zur Entwicklung und Demonstration von Unfallverhindernden Sicherheitsanwendungen und -technologien (Fortschrittliche Sensor-, Kommunikations- und Positionierungs-Technologien) ins Leben gerufen. PreVENT besteht aus verschiedenen Sub-Projekten: "Sichere Geschwindigkeit und sicheres Folgefahren", "Seitenführung", "Sichere Kreuzungen" und "Cross-funktionelle Tätigkeiten".	Ziel des Projektes war es unter anderem zu folgenden Punkten beizutragen: (1) zum Ziel der EU von 50% weniger Unfällen bis 2010, (2) zur Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Automobilindustrie, (3) zur europäischen Wissenschaftsgesellschaft für Straßensicherheit.	Vorausschauende Sicherheitsanwendungen, die fortschrittliche Sensor-, Kommunikations- und Positionierungstechnologie nutzen; Unterstützung der technischen Weiterentwicklung und Integration, was zu schneller Markteinführung und -penetration beitrug und ein stärkeres Bewusstsein für den Sicherheitsfortschritt förderte, was zu höherer Nachfrage im Bereich vorausschauende/aktive Sicherheitssysteme führte.	Matthias M Schulze Daimler AG Tel.: +49 / 7031-4389 603	http://cordis.europa.eu/project/cv/74668_en.html	Europa	n/a	55 Mio. €	öffentlich	2004 - 2008	Zusammenfassung: Report http://cordis.europa.eu/result/cv/85526_en.pdf Zusammenfassung: Ergebnisse http://cordis.europa.eu/result/cv/45077_en.pdf
Minifaros	Sick AG als Koordinator und 6 weitere Partner	Minifaros möchte den Markt für fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme im Bereich kleine und mittlere Autos öffnen und das Spektrum an möglichen Anwendungen erweitern indem neue, günstige, kleine Niedrigenergie-Laserscanner, die trotzdem eine große Leistung haben, entwickelt werden.	Ziel ist es, den Markt für fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme im Bereich kleiner und mittlerer Autos zu öffnen und das Spektrum an möglichen Anwendungen zu erweitern.	Ein kostengünstiger Prototyp eines Miniatur-Laserscanners zur Umgebungswahrnehmung für den Bereich "Automotive".	Kay Fuerstenberg SICK AG Merkurring 20 22143 Hamburg, Germany Kay.Fuerstenberg@sick.de	http://www.minifaros.eu	Europa	n/a	4,8 Mio €	öffentlich	2010 - 2013	Abschlussbericht http://cordis.europa.eu/docs/projects/nect/3/248123/080/deliverables/001-D12FinalReportv10.pdf
MOSARIM	Daimler AG und ca. 10 weitere aus der freien Wirtschaft	MOSARIM erforscht wechselseitige fahrzeugbezogene Radarstörungen sowie die Definition und Ausarbeitung effektiver Gegenmaßnahmen bzw. Maßnahmen zur Abschwächung dieser Störungen.	Ziel ist die Investigation wechselseitiger fahrzeugbezogener Radarstörungen sowie die Definition und Ausarbeitung effektiver Gegenmaßnahmen bzw. Maßnahmen zur Abschwächung dieser Störungen.	Identifikation der effizientesten Techniken und Faktoren zum Herabsetzen des "Störungslevels" als Vergleichswerte, die das Verhältnis von Umsetzungsaufwand und Nutzenverhältnis aufzeigen.	Martin Kunert (Projektkoordinator) Robert Bosch GmbH Tel.: +49 711 811 37468 E-Mail: martin.kunert2@de.bosch.com	https://assrv1.haw-aw.de/mosarim	Europa	n/a	4,785 Mio €	öffentlich	2010 - 2012	Abschlussbericht http://cordis.europa.eu/docs/projects/nect/1/248231/080/deliverables/001-D611FinalReportFinal.pdf
ZWIDE_SENSE	ADASENS AUTOMOTIVE GMBH und 5 weitere	ZWIDE_SENSE möchte bildgebende Sensoren (über die aktuellen CMOS - Sensoren hinaus) mit einem weiten Spektralbereich (VIS-NIR-SWIR) und einem breiten Dynamikbereich für die europäischen Automobilindustrie entwickeln.	Ziel war es der europäischen Automobilindustrie bildgebende Sensoren (über die aktuellen CMOS - Sensoren hinaus) zur Verfügung zu stellen.	Bildgebende Sensoren mit einem weiten Spektralbereich (VIS-NIR-SWIR) und einem breiten Dynamikbereich.	Dr Denis Mazerolle ALCATEL Thales II V Lab Route de Nozay, 91460 Marcoussis France	http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=44303	Europa	n/a	ca. 5 Mio €	öffentlich	2010 - 2012	Report on Full spectrum Focal Plane Array http://cordis.europa.eu/docs/projects/nect/8/248898/080/deliverables/001-D27reportonfullspectrumFPAPublic.pdf Weitere Deliverables http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=44303
interactive	Daimler, VW, Volvo, BMW, Ford, Continental, DLR und ca. 23 weitere	interactiVe entwickelt fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme (ADAS) für ein sicheres und effizienteres Fahren. So soll ein weiterer Schritt hin zu unfallfreiem Verkehr getan werden. Dies soll mittels erschwinglicher, integrierter Sicherheitssysteme, die für alle Fahrzeugklassen erhältlich sind und dem Fahrer permanent assistieren und wenn nötig eingreifen, geschehen.	Ziel war es, einen weiteren Schritt hin zu unfallfreiem Verkehr zu machen. Dies sollte geschehen mittels erschwinglicher, integrierter Sicherheitssysteme, die für alle Fahrzeugklassen erhältlich sind und dem Fahrer permanent assistieren und wenn nötig eingreifen.	Das Projekt setzte insgesamt 11 Fahrerassistenzfunktionen in sechs PKWs und einem LKW um. Durch die Kombination verschiedener Sub-Systeme (permanenter Fahrerassistenz, Kollisionsvermeidung und Kollisionsverringern) in einer integrierten Lösung schuf das Projekt viele Möglichkeiten, um den Fahrer zu unterstützen.	Ford Research and Advanced Engineering Europe Christoph Kessler E-Mail: ckeske2@ford.com	http://www.interactive-ip.eu	Europa	n/a	30 Mio €	öffentlich	2009 - 2013	Abschlussbericht http://www.interactive-ip.eu/index.dhtml/docs/interactiVe_SP1_20140506v1.2-D19-Final_Report.pdf

Anhang
Übersicht zu HAF-relevanten
Forschungsprojekten

Projektname	(Haupt-) Projektpartner	Kurzbeschreibung	Ziel	Output	Ansprechpartner	Weiterführende Informationen im Internet	Region	Region 2	Projektvolumen	Förderung	Zeitraum	Publikation/ Dokumentation
COM2REACT	PSA, Motorola, Telefonica, Navteq und 9 weitere	Das COM2REACT Projekt hat das Potenzial, die Effizienz des Straßentransports zu steigern und dadurch die Sicherheit zu verbessern und für eine großflächige Standardisierung und Harmonisierung in Europa zu sorgen. Ein mehrstufiges, verkaufsfähiges, kooperatives System, das sowohl V2V- als auch V2C-Kommunikation integriert, soll entwickelt werden. Dieses wird signifikante Verbesserungen beim Informationsfluss, gewonnen durch fahrende Fahrzeuge, und in Bezug auf Qualität und Verlässlichkeit mit sich bringen.	Ziel ist die Einführung eines mehrstufigen, verkaufsfähigen kooperativen Systems, das sowohl V2V- als auch V2C-Kommunikation integriert. Dies wird signifikante Verbesserungen beim Informationsfluss, gewonnen durch fahrende Fahrzeuge, und in Bezug auf Qualität sowie Verlässlichkeit mit sich bringen. Dabei soll sich die Sicherheit und Effizienz auf den Straßen erhöhen.	Die Kombination der virtuellen Teilvermittlungstelle (VSC) mit den Ergebnissen des Projekts REACT bringt als Output ein drei-stufiges Kontrollsystem.	Motorola Israel Mr. Chanan Gabay E-Mail: chgabay@motorola.com	http://www.com2react-project.org	Europa	n/a	5,594 Mio €	öffentlich	2006 - 2011	Deliverables http://www.com2react-project.org/documents_tree.asp
SAFESPOT	Daimler, Volvo, Bosch, Renault, DLR, Universität Stuttgart, TU München und ca. 45 weitere	SAFESPOT schafft dynamische, kooperative Netzwerke. Innerhalb dieser kommunizieren Fahrzeuge, Straßeninfrastruktur und Sicherheits-/Verkehrszentren, um Informationen zu teilen, die an Bord und am Straßenrand gesammelt wurden, mit dem Zweck die Wahrnehmung der Fahrzeugumgebung des Fahrers zu verbessern.	Ziel ist es dynamische, kooperative Netzwerke zu schaffen. Innerhalb dieser kommunizieren Fahrzeuge und Straßeninfrastruktur, um Informationen zu teilen, die an Board und am Straßenrand gesammelt wurden, mit dem Zweck die Wahrnehmung der Fahrzeugumgebung des Fahrers zu verbessern.	Dynamisches, kooperatives Kommunikationssystem, das aus den drei Komponenten: Fahrzeug, Infrastruktur und Sicherheits- und/oder Verkehrszentren besteht und intelligent vereint.	Roberto Brignolo (Projektkoordinator) Centro Ricerche Fiat strada Torino 50, 10043 Orbassano Torino, Italy Tel.: +39 011 90 80534 E-Mail: roberto.brignolo@crf.it	http://www.safespot-eu.org	Europa	n/a	38 Mio €	öffentlich	2006 - 2010	Abschlussbericht http://www.safespot-eu.org/documents/D8.1.1_Final_Report_-_Public_v1.0.pdf
COOPERS	AustriaTech und ca. 37 weitere Partner	COOPERS ist auf die Entwicklung von innovativen Telematikapplikationen der Straßeninfrastruktur fokussiert. Langfristig soll ein kooperatives Verkehrsmanagement zwischen Fahrzeug und Infrastruktur entstehen und die sich selbst öffnenden "Lücke" in der Entwicklung von Telematikapplikationen zwischen Automobilindustrie und Infrastrukturbetreiber reduziert werden.	Steigerung der Verkehrssicherheit durch direkte und aktuelle Kommunikation zu Verkehrsformationen zwischen Infrastruktur und motorisierten Fahrzeugen auf Autobahnstrecken.	Innovative Telematikapplikationen für die Infrastruktur auf der Strecke.	Alexander Frötscher Senior Project Manager AustriaTech – Gesellschaft des Bundes für technologiepolitische Maßnahmen GmbH Donau-City-Str. 1, 1220 Vienna, Austria Tel.: +43-1-2633444-64 E-Mail: alexander.froetscher@austriatech.org	http://ftp.itsa.org/WC08_Presentation/Interactive%20Session%20Papers/501/501-20159.pdf	Europa	n/a	16,8 Mio €	öffentlich	2006 - 2010	Nicht verfügbar
CVIS	Ertico - ITS Europe (Project Coordinator), Daimler, DLR, NAVITEQ, Renault, Siemens, Bosch, Vodafone, Volvo sowie ca. 20 weitere	CVIS entwickelt eine Technologie-Plattform, die eine breitgefächerte Funktionalität für die Datensammlung, Routensupport, Verkehrs- und Transportoperationen sowie Fahreinformationen bereitstellen kann.	Ziel ist es Technologien, die es Autos erlauben untereinander und mit der straßenseitigen Infrastruktur zu kommunizieren, zu designen, zu entwickeln und zu testen.	Multi-channel Terminal, um eine kontinuierliche Internetverbindung zu ermöglichen; offene Architektur, die Fahrzeugsysteme und Verkehrsmanagementsysteme und Telematik Services am Straßenrand verbindet; Techniken zur verbesserten Fahrzeugpositionsbestimmung und Erstellung von lokalen dynamischen Karten, erweiterten Protokollen zur Fahrzeug-, Straßen- und Umweltwahrnehmung, Software und Applikationen sowie "Werkzeugkasten" zur Einführung dieser Technologien.	Paul Kompfner ERTICO 326 Louisa Avenue B-1050 Brussels Belgium E-Mail: cvis@mail.ertico.com	http://www.cvisproject.org/en/about_cooperative_systems/	Europa	n/a	41 Mio €	öffentlich	2004 - 2009	Projektpräsentation inkl. Ergebniszusammenfassung http://www.transport-research.info/Upload/Documents/20120720120713_132722_57566_cvis_project_presentation_del_10.pdf
Intersafe2	SICK AG (Koordination), IKA, Volvo, BMW, Volvo, sowie 6 weitere	INTERSAFE-2 entwickelt und erprobt ein CISS (Cooperative Inversection Safety System) welches in der Lage ist, Verletzungen und fatale Unfälle an Knotenpunkten signifikant zu verringern. So soll eine Verringerung von Unfällen an Kreuzungen um bis zu 80% erreicht werden.	Ziel war es ein CISS (Cooperative Inversection Safety System) zu entwickeln und vorzuführen, welches in der Lage ist Verletzungen und fatale Unfälle an Knotenpunkten signifikant zu verringern.	Entwicklung eines CISS, das Warn- und Eingreiffunktionen kombiniert und Demonstration dieses Systems an zwei PKWs und einem LKW. Durch den Einsatz von Intersafe 2 könnte ein positiver Einfluss auf die Sicherheit in Höhe von 80% in Bezug auf Verletzungen und fatalen Unfällen an Kreuzungen geschaffen werden.	Fawzi Nashashibi Tel.: +33 (0)1 3963 5256 E-Mail: fawzi.nashashibi@mines-paristech.fr	https://team.inria.fr/nits/projet/nintersafe2/	Europa	n/a	6,5 Mio €	öffentlich	2008 - 2011	Nicht verfügbar
ISI-PADAS	DLR, Centro Ricerche Fiat, TU Braunschweig und 7 weitere	ISI-PADAS strebt danach, eine Verbesserung des derzeitigen Erstellungsprozesses von Fahrerassistenzsystemen, wie beispielsweise dem dem Partially Autonomous Driver Assistance Systems (PADAS) zu erreichen und entwickelt dazu eine Simulationsplattform.	Verbesserung des derzeitigen Erstellungsprozesses von Fahrerassistenzsystemen, wie dem Partially Autonomous Driver Assistance Systems (PADAS)	Entwicklung der Joint Driver Vehicle Environment (JDVE) Simulations-Plattform	GianGuido Bardelli KITE Solutions Tel.: +39 0332 626 910	http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=37254	Europa	n/a	n/a	öffentlich	2008 - 2011	Abschlussbericht http://www.transport-research.info/Upload/Documents/20130120130111_120341_93134_ISI-PADAS-FinalReport_ESonly.pdf

Proj	Cooperatives	Cooperatives	Cooperatives	Cooperatives	Cooperatives	Cooperatives	Cooperatives	Cooperatives	Cooperatives	Cooperatives	Cooperatives	Cooperatives
79GHz	ca. 5 Partner (Bosch, Continental, Renault...)	79GHz will die weltweite Verbreitung der 79 GHz Frequenz als standardisierte Plattform für Fahrzeugradarsignale erreichen.	Weltweite Verbreitung der 79 GHz Frequenz Standardisierungs Plattform	Verbreitung der 79 GHz Frequenz als standardisierte Plattform für Fahrzeugsignale. Derzeit in einigen Ländern nicht möglich (Indien, China etc.) in anderen angestoßen (USA etc.)	Robert Bosch GmbH Frank Ernst Tel.: +49(711) 811-37855 E-Mail: frank.ernst@de.bosch.com	http://79ghz.eu/	Global	n/a	1,117 Mio €	öffentlich	2012 - 2014	Status Quo weltweit http://79ghz.eu/index.php/documents/public-documents/Project-documents/79-GHz-Deliverable---Status-quo-of-Worldwide-79-GHz/
AMIDST	Daimler, University of Almeria sowie 5 weitere Partner	AMIDST treibt die Entwicklung eines "Werkzeugkastens" für ein skalierbares Framework zur effizienten Analyse und Vorhersage, basierend auf Informationen aus Datenströmen, voran. So sollen bis 2020 50% weniger Verkehrstote erreicht werden (Ausgehend vom Stand 2011).	Entwicklung einer extrem effizienten Analyse- und Vorhersage-Plattform, die aus Datenströmen gespeist wird. Das Ziel ist, die Anzahl von Verkehrstoten im Zeitraum von 2011 bis 2020 um 50% zu verringern.	Skalierbares Framework, das eine effiziente Analyse und Voraussage ermöglicht, basierend auf Informationen aus Streaming Daten.	Anders L. Madsen PhD, MBA, Chief Executive Officer HUGIN EXPERT A/S Gasværksvej 5 9000 Aalborg, Denmark Tel.: +45 9655 0791 Fax: +45 9655 0799 E-Mail: anders@hugin.com	http://amidst.eu/	Europa	n/a	3,923 Mio €	öffentlich	Seit 2011	Deliverables http://amidst.eu/papersandpresentations/deliverables/
COMPANION	Scania, VW und 5 weitere	COMPANION fördert die Entwicklung eines real-time Koordinationssystems, das Platoons von Fahrzeugen dynamisch zusammenstellen, betreuen und auflösen kann. Dies geschieht durch einen Entscheidungsmechanismus, der historische und real-time Daten des Zustands der Infrastruktur (Verkehr, Wetter, etc.) in Betracht zieht.	Entwicklung eines real-time Koordinationssystems, das Platoons von Fahrzeugen dynamisch zusammenstellen, betreuen und auflösen kann - je nach Zustand der Infrastruktur (Verkehr, Wetter, etc.)	Feldtest des Platooning Systems im Jahr 2016	Magnus Adolfsen SCANIA AB E-Mail: magnus.adolfsen@companion-project.eu	http://www.companion-project.eu/	Europa	n/a	5,4 Mio €	öffentlich	Seit 2013	Deliverables http://www.companion-project.eu/category/documents-deliverables/
AutoNet2030	Volvo, Hitachi, TU Dresden und 6 weitere	AutoNet2030 entwickelt und testet automatisierte kooperative Fahntechnologie mit einem Zeithorizont zwischen 2020 und 2030. Das System soll optimiert werden und sichere, vorhersehbare und effiziente Manöver-Entscheidungen fällen - auch für nichtautonome Fahrzeuge (über HMI).	Das System soll optimiert werden und somit sichere, vorhersehbare und effiziente Manöver-Entscheidungen fällen - auch für nichtautonome Fahrzeuge (über HMI).	Kooperative Kommunikationstools und effiziente Manöver-Entscheidungen werden entwickelt und getestet.	Vodafone Chair Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. G. Fettweis 01062 Dresden Tel.: +49 351 463 41000 Fax: +49 351 463 41099	http://www.imobilitysupport.eu/library/immobility-forum/working-groups/active/automation/workshops/31-oct-2013/2282-va-presentation-13-autonet2030-1-oct-2013/file http://www.autonet2030.eu/?page_id=62	Europa	n/a	4,6 Mio €	öffentlich	Seit 2013	Deliverables http://www.autonet2030.eu/?page_id=14
BRAIVE	VisLab	Das BRAIVE Vehicle ist ein Prototyp mit zahlreichen Sensoren und PC's an Board, die autonomes Fahren ermöglichen.	Vorantrieb visueller Erkennungs-Systeme mit Augenmerk auf: Kalibrierung, Helligkeit, Lärm, Temperatur, Energienutzung, Kosten und Installations-Anforderungen.	Entwicklung und Test verschiedener Prototypen autonom fahrender Fahrzeuge.	VisLab srl Alberto Broggi Tel.: +39 0521 905707 E-Mail: broggi@ce.unipi.it	http://vislab.it/automotive/	Europa	Italien	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 1998	Publikationen http://vislab.it/publications/
Nearctis	DLR, EPFL, IFSTTAR sowie 5 weitere Universitäten	Nearctis ist ein akademisches Netzwerk für Verkehrsmanagement und -optimierung mit Fokus auf kooperative Systeme, die auf Sicherheit, Energieverbrauch, Umweltaspekte und Stau ausgerichtet sind.	Verkehrsmanagement und -optimierung mit Fokus auf kooperative Systeme, die Wert auf Sicherheit, Energieverbrauch und Umweltaspekte legen sowie mit Stau umgehen können.	Entwicklung eines wissenschaftlichen Netzwerks zur breiten Erforschung von kooperativen Verkehrsmanagement Systemen	ERT c/o INRETS case 24, 25 avenue François Mitterrand F69675 Bron cedex, Frankreich E-Mail: info@nearctis.org	http://www.nearctis.org	Europa	n/a	3,134 Mio €	öffentlich	2010 - 2013	Deliverables http://www.nearctis.org/home/resources-desk/deliverables/
VIAC	VisLab	Durchgeführte Expedition mit fahrerlosen Autos von Italien nach China sowie ausführliche Dokumentation der Expedition.	Expedition mit fahrerlosen Autos nach China.	Ausstattung von zwei Testwagen mit den erforderlichen Systemen für das fahrerlose Fahren sowie Demonstration der Funktionsfähigkeit in Form einer Expedition von Italien nach China.	VisLab srl Alberto Broggi Tel.: +39 0521 905707 E-Mail: info@vislab.it E-Mail: broggi@ce.unipi.it	http://viac.vislab.it	Global	n/a	n/a	privatwirtschaftlich	Seit 2010	Zusammenfassung http://www.arscontrol.org/publications/2010-BerBomBroBuzCar-ITSWC.pdf
VRA	Ertico - ITS Europe (Project Coordinator), DLR, Michelin, Universität Passau, Vislab sowie ca. 30 weitere	VRA wurde zum Aufbau eines Kollaborationsnetzwerks von Experten und Stakeholdern, die an der Entwicklung von automatisierten Fahrzeugen und der dazu benötigten Infrastruktur arbeiten, gegründet. So sollen Entwicklungsbedürfnisse identifiziert und Beiträge zur globalen Zusammenarbeit bei Entwicklungen, Netzwerkunterhalt getätigt werden.	Aufbau eines Kollaborationsnetzwerks von Experten und Stakeholdern, die an der Entwicklung von automatisierten Fahrzeugen und der dazu benötigten Infrastruktur arbeiten.	Identifizierung der Entwicklungsbedürfnisse, Beiträge zur globalen Zusammenarbeit bei Entwicklungen, Netzwerkunterhalt	Vehicle and Road Automation (VRA) C/O ERTICO - ITS Europe 326 Avenue Louise B-1050, Brussels, Belgium E-Mail: vra.info@mail.ertico.com	http://vra-net.eu	Europa	n/a	1,685 Mio Euro	öffentlich	2013 - 2016	Deliverables http://vra-net.eu/library/ Deployment paths for Vehicle and Road Automation http://cordis.europa.eu/dscs/projects/nect176107376800/deliverables/001-D311DeploymentpathsforVehicleandRoadAutomationAres20151221044.pdf
GCDC	i-GAME und 4 weitere Partner	i-GAME ist ein Forschungs- und Demonstrationsprojekt das die Serienimplementierung und Interoperabilität von automatisiertem Fahren basierend auf kabelloser Kommunikation vorantreiben will. So sollen generisch und belastbare Technologien fürs automatisierte Fahren entwickelt werden, die kooperative Anwendungen unterstützen.	Beschleunigung der Serienimplementierung und Interoperabilität von automatisiertem Fahren basierend auf kabelloser Kommunikation	Kooperative Fahr-Challenge; Entwicklung von generischen, belastbaren Technologien für automatisiertes Fahren, die kooperative Anwendungen unterstützen.	i-GAME GCDC Address: P.O. Box 756, 5700 AT Helmond, The Netherlands E-Mail: gcdc@listserver.tue.nl Almie van Asten E-Mail: Almie.Vanasten@tuo.nl	http://www.gcdc.net	Global	n/a	3,764 Mio €	öffentlich	2013 - 2016	Functional architecture http://cordis.europa.eu/dscs/projects/nect176107376800/deliverables/001-D13FunctionalarchitectureAres20142381868.pdf

Dieser Anhang dient dazu, einige Bereiche aus dem Hauptgutachten rechtswissenschaftlich vertieft darzustellen, die dort nur in komprimierter Form Beachtung gefunden haben. Hierzu zählt die derzeitige Rechtslage bzgl. hochautomatisierter Fahrzeuge im Rahmen des Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr sowie die haftungsrechtlichen Grundlagen bei Verkehrsunfällen im Zusammenhang mit hochautomatisierten Fahrzeugen sowie die rechtlichen Grundlagen des Datenschutzes. Um die rechtlichen Probleme im Zusammenhang darstellen zu können, kommt es dabei teilweise zu Ausführungen welche schon im Hauptgutachten dargestellt wurden.

Derzeitige Rechtslage des Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr

Im Folgenden werden neben der Bindungswirkung des WÜ dessen relevante Normen erörtert und an den Maßstäben der völkerrechtlichen Auslegungsmethodik gemessen.

Systematik des WÜ

Gemäß der Präambel wurde das Übereinkommen mit dem Wunsch vereinbart, den internationalen Straßenverkehr zu erleichtern und die Sicherheit auf den Straßen durch Annahme einheitlicher Verkehrsregeln zu erhöhen.²⁴⁶

Kapitel I (Artt. 1 – 4) des WÜ beinhaltet „Allgemeines“, Kapitel II (Artt. 5 – 34) beinhaltet „Verkehrsregeln“ und Kapitel III (Artt. 35 – 40) beinhaltet die „Bedingungen für die Zulassung der Kraftfahrzeuge (Artikel 1 Buchstabe p) und Anhänger zum internationalen Verkehr. Kapitel IV (Artt. 41 – 43) hat die Regelungen über den „Führer von Kraftfahrzeugen (Artikel 1 Buchstabe p)“ zum Gegenstand. Kapitel V (Art. 44) enthält „Bedingungen für die Zulassung der Fahrräder, und Motorfahrräder zum internationalen Verkehr“ und Kapitel VI (Artt. 45 – 56) enthält die Schlussbestimmungen

Reichweite und Bindungswirkung des WÜ

Das WÜ soll ausweislich der Formulierung der Präambel den internationalen (= grenzüberschreitenden) Verkehr regeln und erleichtern.

Das Übereinkommen bindet die unterzeichneten Vertragsstaaten insofern, als sie grundsätzlich keine Verkehrsregeln schaffen dürfen, die im Widerspruch zu den Regelungen des WÜ stehen. So spricht Art. 3 Abs. 1 a) WÜ die Vertragsparteien an und verpflichtet sie, die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit die in ihrem Hoheitsgebiet geltenden Verkehrsregeln in ihrem sachlichen Gehalt mit den in Kapitel II enthaltenen Bestimmungen übereinstimmen.

Das WÜ bindet dabei grundsätzlich nicht Private, sondern die unterzeichnenden Vertragsstaaten. Dieser Verpflichtung ist die Bundesrepublik Deutschland durch Schaffung der Straßenverkehrsregelungen (StVO, StVG, StVZO, FZV, etc.) bzw. durch ihre Anpassung an das WÜ nachgekommen.

Im Folgenden werden die für hochautomatisierte Fahrzeuge besonders relevanten Normen des WÜ analysiert.

²⁴⁶ vor Kapitel 1 WÜ.

Artikel 8 und 13 WÜ

Im Kontext von Automatisierungssystemen im Straßenverkehr haben insbesondere Art. 8 und Art. 13 WÜ besondere Relevanz.

Art. 8 Führer

- (2) *Jedes Fahrzeug und miteinander verbundene Fahrzeuge müssen, wenn sie in Bewegung sind, einen Führer haben.*
- (5) *Jeder Führer muß dauernd sein Fahrzeug beherrschen oder seine Tiere führen können.*

Art. 13 Geschwindigkeit und Abstand zwischen Fahrzeugen

- (2) *Jeder Fahrzeugführer muß unter allen Umständen sein Fahrzeug beherrschen, um den Sorgfaltspflichten genügen zu können und um ständig in der Lage zu sein, alle ihm obliegenden Fahrbewegungen auszuführen.*

Art. 1 Begriffsbestimmungen

- v) *„Führer“ ist jede Person, die ein Kraftfahrzeug oder ein anderes Fahrzeug (Fahrräder eingeschlossen) lenkt oder die auf einer Straße Vieh, einzeln oder in Herden, oder Zug-, Saum- oder Reittiere leitet.*

Mit der Voraussetzung des „Beherrschens“ aus Artt. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ wird regelmäßig die Unvereinbarkeit mit dem WÜ solcher Automatisierungssysteme festgestellt, die systeminitiiert, vom Fahrer nicht übersteuerbar sind und bei denen der Fahrer sich vom Verkehrsgeschehen abwenden kann um sich Nebentätigkeiten zu widmen. Die Überprüfung dieser These ist Gegenstand dieses Abschnitts.

Anwendbarkeit der Artt. 8 und 13 WÜ für die Zulassungsfrage von Fahrzeugautomatisierungssystemen

In der Literatur wird zum Teil bestritten, dass Artt. 8 und 13 WÜ auf die Frage nach der Zulassung von Fahrzeugautomatisierungssystemen anwendbar sind (Bewersdorf 2003, S.269). Artt. 8 und 13 WÜ würden vielmehr nur die verhaltensrechtlichen Anforderungen normieren. Kerngedanke dieser Ansicht ist eine strikte Trennung zwischen den zulassungsrechtlichen und den verhaltensrechtlichen Anforderungen an Fahrzeugautomatisierungssysteme im Rahmen des WÜ. Als Argument gegen eine Anwendbarkeit werden systematische Argumente bemüht. So wird vorgebracht, dass die relevanten Normen in Kapitel II (Verkehrsregeln) des WÜ zu finden seien. Die Zulassung von Fahrzeugautomatisierungssystemen sei jedoch in Kapitel III unter der Überschrift „Bedingungen für die Zulassung der Kraftfahrzeuge [...] zum internationalen Verkehr“ geregelt.

Dieser Ansicht der Trennung von zulassungsrechtlichen und verhaltensrechtlichen Anforderungen ist nicht zuzustimmen, da das WÜ als Einheit zu betrachten ist, was eine solch strikte Trennung zwischen Zulassungs- und Verhaltensrecht nicht zulässt. So wäre es nach dem Trennungsmodell theoretisch denkbar, dass Fahrzeuge zum Verkehr zugelassen werden, vom Fahrer aber nicht benutzt werden dürfen, weil er damit seinen Verhaltenspflichten aus Kapitel II nicht nachkommen kann. Ein solcher Zustand ist mit der Einheit der Rechtsordnung nicht zu vereinen und in sich widersprüchlich (Lutz 2014a, S. 68; Albrecht 2005, S. 196).

Artt. 8 und 13 WÜ sind für die Frage der Zulassung von Fahrzeugautomatisierungssystemen demnach anwendbar. Das nationale Verkehrsrecht darf daher dem WÜ insgesamt (sowohl zulassungsrechtlich, als auch verhaltensrechtlich) nicht widersprechen. Es gilt folglich durch Auslegung zu ermitteln, wie der Begriff des „Beherrschens“ in Artt. 8 und 13 WÜ verstanden werden muss.

Auslegung von Artt. 8 und 13 WÜ

Allgemeines zur Auslegung völkerrechtlicher Verträge

Die Auslegung völkerrechtlicher Verträge richtet sich grundsätzlich nach dem Wiener Übereinkommen über das Recht der Verträge (WVK) (BGBl. II 1985, S. 927ff.; Graf Vitzthum 2010, Rn. 123). Der insoweit geltende Art. 31 Abs. 1 WVK besagt: „Ein Vertrag ist nach Treu und Glauben in Übereinstimmung mit der gewöhnlichen, seinen Bestimmungen in ihrem Zusammenhang zukommenden Bedeutung und im Lichte seines Ziels und Zwecks auszulegen“.

Bei der Anwendung der Artt. 31 ff. WVK hat sich ein objektiver Ansatz durchgesetzt. Der Wille der vertragschließenden Parteien zum Zeitpunkt des WÜ im Jahre 1968 ist für die Auslegung unbeachtlich, sodass es keine Rolle spielt, ob die Parteien im Jahre 1968 subjektiv an eine Einführung von Fahrzeugassistenzsysteme dachten oder nicht (Graf Vitzthum 2010, Rn. 123; Lutz 2014a, S.68). Ausschlaggebend ist vielmehr der objektive Parteiwille, wie er mittels des Vertragstextes zum Ausdruck kommt. Hinsichtlich der Auslegung bei multilateralen Verträgen – wie es das Wiener Übereinkommen einer ist – ergibt sich die Problematik, dass der Text in mehreren Sprachen vorliegt und sich so die Frage stellt, welche Sprache der Auslegung zu Grunde zu legen ist.

Art. 33 Abs. 1 WVK gibt hierfür vor, dass wenn ein Vertrag in zwei oder mehr Sprachen als authentisch festgelegt worden ist, der Text in jeder Sprache in gleicher Weise maßgebend ist, wobei gem. Art. 33 Abs. 3 WVK eine Vermutung dahingehend getroffen wird, dass die Ausdrücke des Vertrages in jedem authentischen Text dieselbe Bedeutung haben. Weisen die verschiedenen authentischen Vertragssprachen unterschiedliche Bedeutung auf, so ist nach Art. 33 Abs. 4 WVK diejenige Bedeutung maßgebend, die mit dem Ziel und Zweck des Vertrages am besten zu vereinbaren ist. Authentisch ist ein Vertragstext, wenn dies im Vertrag so festgelegt oder aus ihm ersichtlich ist (Graf Vitzthum 2010, Rn. 123). Im WÜ ist dies in Art. 56 geschehen, der als verbindliche Vertragssprachen die chinesische, englische, französische, russische und spanische bestimmt. Die deutsche Fassung des WÜ, im Bundesgesetzblatt (Teil 2) abgedruckt, ist nur eine Übersetzung aus den authentischen Vertragssprachen und somit für die Auslegung unerheblich.

Auslegung von Art. 8 Abs. 1 WÜ (Führer)

Art. 8 Führer

(1) Jedes Fahrzeug und miteinander verbundene Fahrzeuge müssen, wenn sie in Bewegung sind, einen Führer haben.

Artikel 8 Abs. 1 WÜ schreibt vor, dass jedes Fahrzeug, wenn es in Bewegung ist, einen Führer haben muss. Überlegungsgegenstand im Rahmen von Fahrzeugautomatisierungssystemen ist, dass der Fahrer eines Fahrzeugs (abhängig vom Automatisierungsgrad) die Fahraufgaben einem System überlässt und so der Straßenverkehr an Sicherheit und Komfort gewinnt. Wenn das System für gewisse Zeiträume oder in gewissen Situationen die Fahraufgaben übernimmt, wirft das die Frage auf, ob in der eher passiven Rolle (wiederum abhängig vom Automatisierungsgrad) der im Fahrzeug befindlichen Person noch die Eigenschaft als Fahrzeugführer gegeben ist.

Der Führer ist in Art. 1 lit. v) WÜ definiert als jede Person, die ein Kraftfahrzeug oder ein anderes Fahrzeug lenkt oder die auf einer Straße Vieh, einzeln oder in Herden, oder Zug-, Saum- oder Reittiere leitet. Wesentliches Merkmal des Führers ist seine Eigenschaft als Person, also als menschliches Individuum. Dieses Merkmal kommt auch bei den authentischen Vertragstexten zur Geltung. So wird im Englischen eine „person“ und im Französischen eine „personne“ verlangt.

Würde die Person, welche im Fahrzeug sitzt und die Fahraufgaben bewältigt im Zeitpunkt einer hochautomatisierten Fahrphase seine Führereigenschaft verlieren, wäre dies mit Art. 8 Abs. 1 WÜ nicht zu vereinbaren, da dann kein Führer mehr gegeben wäre. Dem System kann freilich keine Eigenschaft als menschliches Individuum zugeschrieben werden.

Zur Klärung dieser These ist, wie dargelegt nicht auf den deutschen Wortlaut, sondern auf den Wortlaut der authentischen Sprachen zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses zurückzugreifen. Dabei muss für die Übersetzungsarbeit grundsätzlich auf Übersetzungsliteratur aus dem Jahr des Vertragsschlusses zurückgegriffen werden.²⁴⁷ Der in der englischen Version des Art. 8 Abs. 1 WÜ verwendete Begriff „driver“ wird mit „(Vieh-) Treiber, Fahrer, Lokführer oder Kutscher“ übersetzt (Lutz 2014a, S. 67ff.). „conducteur“ aus dem Französischen bedeutet „Leiter, Führer, Schaffner, Zugführer oder Geschützfahrer“ (Lutz 2014a, S. 67ff.). Aus diesen Übersetzungen wird ersichtlich, dass mit der jeweiligen Beschreibung des Subjekts keine Exklusivität hinsichtlich eines „Straßenkraftwagens“ erzeugt wird, sondern die Führereigenschaft unabhängig von der Bauart des Fahrzeugs und den konkret erforderlichen Bedienungshandlungen ist (Lutz 2014a, S. 68). Gemeinsamer Regelungsgehalt der Begriffe „driver“, „conducteur“ und „Führer“ ist die Möglichkeit der Einflussnahme auf den Fortbewegungsvorgang. Jedoch nicht vollkommen, sondern – wie das Beispiel des Zug-/Lokführers zeigt – teilweise nur hinsichtlich der Längsführung aufgrund der Schienengebundenheit. Die nicht erforderliche vollkommene Einflussnahme auf den Fortbewegungsvorgang zeigt sich auch in der Definition des Führers in Art. 1 lit. v) WÜ, wonach Führer auch derjenige sein kann, der Tiere und Tierherden leitet. Gemeinhin sind Tiere nicht völlig lenkbar, sondern folgen im Einzelfall Instinkten und Launen, die der Führer dieser Tiere nicht zu übersteuern vermag. Insbesondere in Notsituationen wird es sich teilweise auch ohne Anweisung in Bewegung setzen oder anhalten. Die Führung von Tieren ist damit der Steuerung eines Fahrzeugs mit einem hochautomatisierten Fahrzeug in gewisser Hinsicht vergleichbar. Daraus lässt sich schließen, dass es für die Bejahung der Führereigenschaft i.S.d. Art. 8 Abs. 1 WÜ ausreicht, wenn die menschliche Person mit der Möglichkeit einer gewissen Einflussnahme auf den Fortbewegungsvorgang ausgestattet ist. Die Führereigenschaft entfällt demnach nicht durch Übertragung der Fahraufgaben auf das System, wenn dem menschlichen Führer das Gesamtgeschehen des Fortbewegungsvorgangs – wie etwa die gewünschte Richtung, Beginn oder Ende der Fahrt - nicht aus der Hand genommen wird. Art. 8 Abs. 1 WÜ steht daher der Hochautomatisierung von Fahrzeugen nicht entgegen, erst bei fahrerlosen Fahrzeugen ist eine Grenze erreicht, denn ein Führer scheidet hier schon begrifflich aus, das fahrerlose Fahrzeug fährt vielmehr selbst und benötigt keinen menschlichen Führer.

Teil- und hochautomatisierte Fahrzeugen fehlt es nicht an einem menschlichen Führer i.S.d. Art. 8 Abs. 1 WÜ. Erst gänzlich führerlose Fahrzeuge stehen dieser Norm entgegen.

Auslegung von Artt. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ (Beherrschungsgrundsatz)

Im Rahmen der Diskussion um die rechtliche Zulässigkeit von Fahrzeugautomatisierungssystemen wird regelmäßig die Reichweite des Begriffs „beherrschen“ in Artt. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ problematisiert.

Art. 8 Führer

(5) Jeder Führer muß dauernd sein Fahrzeug beherrschen oder seine Tiere führen können.

Art. 13 Geschwindigkeit und Abstand zwischen Fahrzeugen

(1) Jeder Fahrzeugführer muß unter allen Umständen sein Fahrzeug beherrschen, um den Sorgfaltspflichten genügen zu können und um

²⁴⁷ Übersetzungen für die Zeit um 1968 wurden von Lutz (2014a, 67ff.) übernommen.

ständig in der Lage zu sein, alle ihm obliegenden Fahrbewegungen auszuführen.

Bei der Auslegung dieser Wendung ist wiederum nicht auf die deutsche Übersetzung abzustellen sondern auf die authentischen Sprachen. Dabei fällt auf, dass in der englischen, französischen und russischen²⁴⁸ Fassung der Artt. 8 Abs. 5 und 13 Abs. 1 WÜ – anders als im Deutschen – keine einheitlichen Begriffe hinsichtlich der beiden Artikel verwendet wird.

Im Französischen lautet der entsprechende Passus des Art. 8 Abs. 5 „avoir le contrôle“. Im Englischen „be able to control“. In Art. 13 Abs. 1 hingegen „maître de son véhicule“ bzw. „under control“. Insoweit ist trotz der im Deutschen einheitlichen Begrifflichkeit eine Differenzierung zwischen den Artikeln angebracht.

Art. 8 Abs. 5 WÜ

„contrôle“ hat im Französischen die Bedeutung von *Kontrolle, Beaufsichtigung und Aufsicht* (Lutz 2014, S. 67ff.). Die Übersetzung beschreibt also eher eine passive/reaktive Tätigkeit der Beobachtung und des nur bedarfsmäßigen Eingriffs. Ein solches nur der Beaufsichtigung unterworfenen Verständnis ließe automatisierte Systeme lediglich bis zum Grad der Teilautomatisierung zu.

„control“ aus dem Englischen kann ebenfalls die Bedeutung von *verwalten, beaufsichtigen und überwachen* haben und damit eine eher passive/reaktive Rolle einnehmen. Weiterhin ist aber auch eine Übersetzung dahingehend möglich, dass „control“ *beherrschen, Herr sein, gebieten über, lenken, steuern oder leiten* heißt (Lutz 2014a, S. 67ff.). Dadurch kommt ein eher aktives Begriffsverständnis zum Ausdruck, das dem „Beherrschen“ als einem „in den Händen halten“ aus der deutschen Fassung entspricht. Folgt man diesem Verständnis von „Beherrschen“ wären jegliche Automatisierungsstufen ausgeschlossen.

Die Wortlautauslegung der isolierten Verben „contrôler“ bzw. „control“ der authentischen Sprachen des Art. 8 Abs. 5 WÜ ist demnach nicht zielführend, um die Reichweite des Begriffs „beherrschen“ abzustecken. In die Wortlautauslegung ist aber neben den isolierten Verben auch die Satzkonstruktion „be able to control“ zu beleuchten. Dabei wird erkennbar, dass in der englischen Wendung nicht das Überwachen/Beherrschen an sich verlangt wird, sondern nur die Fähigkeit/ das Können des Führers zu eben diesem. Dass im Deutschen eine solche Satzkonstruktion nicht vorhanden ist und schlicht die „Beherrschung“ verlangt wird, spielt dabei wegen der fehlenden Bindungswirkung der deutschen Übersetzung keine Rolle.

In dieser Formulierung des „zur Beherrschung/Aufsicht des Fahrzeugs in der Lage seins“ kommt zum Ausdruck, dass eine dauernde Beherrschung des Fahrzeug in Form eines pausenlosen „in den Händen Haltens“ der Fahrzeugführung nicht verlangt wird, sondern nur eine pausenlose diesbezüglich generelle Bereitschaft im Sinne einer Fähigkeit des Fahrzeugführers hierzu.

Art. 8 Abs. 5 WÜ stellt demnach kein Verbot von Fahrzeugautomatisierungssystemen dar, sondern umschreibt lediglich persönliche Anforderungen an den Fahrzeugführer. Aus diesen Überlegungen ist daher zu folgern, dass Fahrzeugautomatisierungssysteme, die den Führer von Fahraufgaben entlasten, nicht mit Art. 8 Abs. 5 WÜ unvereinbar sind, wenn der Führer generell abstrakt zur Übernahme der vollen Herrschaft über das Fahrzeug in der Lage ist, das Fahrzeugautomatisierungssystem mithin übersteuerbar ausgestaltet ist und der Führer jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahrzeugführung bereit ist.

Zulässig gem. Art. 8 Abs. 5 WÜ können nach diesem Verständnis demnach Automatisierungssysteme bis einschließlich des BAST-Grades der Teilautomatisierung sein, denn definitionsbedingt besteht hier eine jederzeitige Bereitschaft zur Übernahme

²⁴⁸ Vgl. zum Russischen und den anderen authentischen Vertragssprachen: Lutz (2014a, S. 68).

der Fahrzeugführung. Hochautomatisierte Fahrzeuge, bei denen keine jederzeitige Übernahme der Fahrzeugsteuerung gegeben ist, sondern diese erst nach einer Aufforderung zur Rückübernahme zu erfolgen hat, sind mit Art. 8 Abs. 5 WÜ nicht vereinbar.

Teilautomatisiertes Fahren ist mit Art. 8 Abs. 5 WÜ vereinbar, hochautomatisiertes dagegen nicht.

Art. 13 Abs. 1 WÜ

Art. 13 Abs. 1 WÜ schreibt vor, dass der Fahrzeugführer unter allen Umständen sein Fahrzeug beherrschen muss, um den Sorgfaltspflichten genügen zu können und um ständig in der Lage zu sein, alle ihm obliegenden Fahrbewegungen auszuführen. Satz 2 dieser Norm gibt Anforderungen an den Führer wieder, wie er seine Geschwindigkeit den Bedingungen (Witterungsverhältnisse, Verkehrsdichte, Sichtweite etc.) anzupassen hat.

Die Wortlautauslegung der authentischen Sprachen hinsichtlich der Formulierungen in Art. 13 Abs. 1 WÜ erscheint zunächst eindeutiger als bei Art. 8 Abs. 5 WÜ. Im Französischen wird die Verwendung „*maître de son véhicule*“, was mit *Herr(scher) über das Fahrzeug* übersetzt werden kann. Die englische Wendung „*under control*“ bedeutet soviel wie *unter Kontrolle sein* oder *unter jemandes Kommando stehen* (Lutz 2014a, S. 67ff.).

Es zeigt sich, dass im Rahmen des Art. 13 Abs. 1 WÜ insgesamt ein eher aktiver, eingreifender, sogar befehlender Maßstab bei der Auslegung der entsprechenden Wendungen des „Beherrschens“ anzulegen ist, was zunächst gegen eine Vereinbarkeit der Fahrzeugautomatisierungssysteme mit dem WÜ spricht, zumal dieses „in den Händen halten“ unter allen Umständen und ständig verlangt wird.

Nicht übersehen werden darf jedoch, dass diese Forderung des „Beherrschens“ ausweislich des Wortlautes (nur) verlangt wird, „um den Sorgfaltspflichten genügen zu können und um ständig in der Lage zu sein, alle ihm (dem Führer) obliegenden Fahrbewegungen auszuführen“.

Maßgebliche Frage ist folglich, ob der Führer seinen Sorgfaltspflichten genügen kann und ständig in der Lage ist, die ihm obliegenden Fahrbewegungen auszuführen, obwohl die Fahrzeugführung (in Teilen) dem System überlassen wurde. Diese Voraussetzung ist gegeben, wenn es sich um ein übersteuerbares Fahrzeugautomatisierungssystem handelt, bei welchem der Führer zur Verkehrsbeobachtung verpflichtet bleibt. Denn dann wird der Führer von der Verpflichtung erforderlicher Fahrbewegungen nicht befreit und behält die Möglichkeit, erforderliche Fahrbewegungen auszuführen, indem er aktiv eingreift und das System übersteuert. Diese Voraussetzungen sind bei einem teilautomatisierten Fahrzeug gegeben. Eine Hochautomatisierung, bei der sich der Fahrzeugführer vom Verkehrsgeschehen abwenden darf, ist mit Art. 13 Abs. 1 WÜ jedoch nicht vereinbar.

Teilautomatisiertes Fahren ist mit Art. 13 Abs. 1 WÜ vereinbar, hochautomatisiertes dagegen nicht.

Ergebnis der völkerrechtlichen Auslegung

Insgesamt lässt sich daher festhalten, dass nur solche Fahrzeugautomatisierungssysteme mit dem WÜ vereinbar sind, die von einem menschlichen Fahrzeugführer übersteuerbar sind, der das System dauerhaft zu überwachen hat und sich jederzeit zur Fahrzeugübernahme bereithalten muss. Hierunter fallen BAST-Automatisierungsgrade bis einschließlich der Teilautomatisierung. Hochautomatisierte Fahrsysteme, bei denen eine Überwachungspflicht nicht dauerhaft, sondern nur hinsichtlich der Steuerrückübertragung gegeben sein muss, sind mit dem WÜ jedoch nicht vereinbar.

Das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr gestattet derzeit Automatisierungssysteme bis einschließlich der Teilautomatisierung, hochautomatisiertes Fahren hingegen nicht.

Haftungsrechtliche Grundlagen bei Verkehrsunfällen im Zusammenhang mit hochautomatisierten Fahrzeugen

Trotz des erwarteten Zugewinns an Straßenverkehrssicherheit, wird es auch bei einer Einführung von hochautomatisierten Fahrzeugen zu Unfällen im Straßenverkehr kommen. Das zivile Haftungsrecht im Zusammenhang mit Unfällen im Straßenverkehr hat aufgrund der zunehmenden Fahrzeuganzahl auf deutschen Straßen und seiner weitreichenden Bedeutung eine spezialgesetzliche Ausprägung im Straßenverkehrsgesetz erfahren (§§ 7 ff. StVG). Die zwar anwendbaren, aber aufgrund des Verschuldenserfordernisses tatbestandlich weiteren Normen des Deliktsrechts (§§ 823 ff. BGB²⁴⁹) sind nicht Gegenstand dieses Abschnittes. Hersteller und Zulieferer von Kraftfahrzeugen und deren Teile haben grundsätzlich die Sicherheit der von ihnen in den Verkehr gebrachten Produkte zu gewährleisten. Im Falle eines Schadens der auf die Fehlerhaftigkeit eines Produktes zurückgeht, haben sie hierfür grundsätzlich auch haftungsrechtlich einzustehen. Insofern ist Gegenstand des folgenden Abschnitts die Straßenverkehrshaftung und die Haftung für Produktfehler.

Straßenverkehrshaftung

Im Rahmen der Straßenverkehrshaftung stellt sich die Frage, ob sich Schadensersatzansprüche ergeben, wenn sich durch die Beteiligung eines hochautomatisierten Fahrzeugs ein Unfall ereignet, bei dem ein Mensch getötet oder verletzt oder eine Sache beschädigt wird.

Haftung des Fahrzeughalters

§ 7 StVG regelt die Ersatzpflicht des Halters. Nach dieser Zentralnorm des straßenverkehrsrechtlichen Haftungssystems ist der Halter eines Kraftfahrzeugs dem Verletzten zum Ersatz des Schadens verpflichtet, der beim Betrieb seines Kraftfahrzeugs entsteht. § 7 StVG beschreibt eine Gefährdungshaftung, da der Halter unabhängig einer Widerrechtlichkeit oder eines Verschuldens haftbar gemacht werden kann. Damit kommt § 7 StVG eine gewisse Besonderheit im Vergleich zum sonst im Zivilrecht geltenden Verschuldensprinzip zu. Auf diese Besonderheit und die tatbestandlichen Voraussetzung der Halterhaftung ist im Folgenden einzugehen.

Gefährdungshaftung

Die Rechtfertigung einer solchen umfassenden Haftung zieht das Straßenverkehrsgesetz aus der Schaffung einer rechtlich zulässigen Gefahr. So werden von der Gesellschaft gewisse Verhaltensweisen gestattet, welche jedoch aufgrund der generellen Gefährlichkeit eigentlich nicht erlaubt sein dürften. Da die Teilnahme am Straßenverkehr von der Gesellschaft als so nützlich und gewinnbringend angesehen wird, dass eine Abwägung zwischen Nutzen und Risiko zugunsten der Zulässigkeit des

²⁴⁹ Bürgerliches Gesetzbuch - neugefasst durch B. v. 02.01.2002 (BGBl. I 2002b, S. 42; BGBl. I 2002c, S. 2909; BGBl. I 2003d, S. 738); zuletzt geändert durch Artikel 1 G. v. 22.07.2014 (BGBl. I 2014e, S. 1218); Geltung ab 01.01.1964

Straßenverkehrs (im Rahmen der Straßenverkehrsordnung) ausfällt, kann ein Vorwurf hinsichtlich der bloßen Teilnahme am Straßenverkehr nicht gemacht werden (Eggstein 1995, S. 165).

Grundgedanke der Gefährdungshaftung ist vielmehr die soziale Verantwortung für eigene Wagnisse (BGH VersR 05, 992). So hat derjenige, der im eigenen Interesse (nämlich dem zügigen Erreichen eines gewünschten Ziels) eine erlaubte Gefahrenquelle schafft – gewissermaßen als Gegenleistung – für daraus hervorgehende, auch bei aller Sorgfalt unvermeidbare Schädigungen einzustehen (König 2013i, Rn. 1).

Da jedoch auch die Gefährdungshaftung nur Schäden erfassen will, die sich aus dem Risiko der gefährlichen Handlung selbst ergeben, schließt § 7 Abs. 2 StVG die Haftung für solche Schädigungen aus, die nicht aus der Gefährlichkeit des Betriebs eines Kraftfahrzeugs resultieren und daher nicht dem Halter, sondern nur einem Drittereignis zugerechnet werden können, - „höhere Gewalt“, vgl. § 7 Abs. 2 StVG. Dabei wird der Haftungsausschlussgrund der höheren Gewalt sehr restriktiv gehandhabt und kommt in der Praxis äußerst selten vor. In erster Linie kommen Naturereignisse in Betracht (König 2013i, Rn. 34).

Betrieb des Kraftfahrzeugs

Der Schutzzweck des § 7 StVG fordert es, dass sich die typisch innewohnende Gefährlichkeit der Verkehrsteilnahme bei dem schädigenden Ereignis realisiert hat, insoweit wird die Haftung an einen Betriebsbegriff geknüpft (Betriebsgefahr). Nach der sich mittlerweile durchgesetzten Ansicht ist für den Betriebsbegriff eine verkehrstechnische Auffassung maßgebend. Danach ist der erforderliche Betrieb gegeben, wenn sich das Kraftfahrzeug im öffentlichen Verkehrsbereich bewegt oder in verkehrsbeeinflussender Weise ruht (BGHZ 29, 163). Der Betrieb beginnt also mit dem Inangangsetzen des Motors und endet mit dem Motorstillstand außerhalb des öffentlichen Verkehrsbereichs.

Dabei können zwanglos auch hochautomatisierte Fahrten unter den Betriebsbegriff subsumiert werden, denn sie werden verkehrsbeeinflussend im Verkehrsbereich bewegt.

Halter

Pflichtiger nach § 7 StVG ist der Halter. Halter ist dabei derjenige, der das Kfz für eigene Rechnung gebraucht, nämlich die Kosten bestreitet und die Verwendungsnutzungen zieht (RGZ 91, 269).

Wird daher beim Betrieb eines Fahrzeugs ein Mensch getötet oder verletzt oder eine dem Verletzten gehörende Sache beschädigt, ist der Halter zum Ersatz des daraus entstehenden Schadens verpflichtet.

Beweislast

Vor dem Zivilgericht wird ein möglicher Kläger jedoch nur erfolgreich sein Schadenersatzbegehren durchsetzen können, wenn er das Gericht vom Hergang des Unfallgeschehens (Tatsachen) auch überzeugen kann. Als zivilprozessuale Grundregel gilt hier, dass jede Partei die Beweislast für Tatsachen zu tragen hat, die zum Tatbestand einer ihr günstigen Rechtsnorm gehören (Reichold 2013, Rn. 23). Mit einfacheren Worten ausgedrückt, hat jede Partei das zu beweisen, was ihr zugutekommt.

Im Rahmen der Halterhaftung hat der Geschädigte daher vorzutragen und im Falle des Bestreitens auch zu beweisen, dass ein Unfall geschehen ist, dieser sich beim Betrieb eines Kraftfahrzeugs ereignete und dass der erlittene Schaden ursächlich (kausal) auf den Betrieb des Fahrzeugs zurückzuführen ist. Da die Halterhaftung unabhängig eines Verschuldens gewährt wird, braucht der Geschädigte dem Halter ein solches auch nicht beweisen. Die den Haftungsausschluss wegen höherer Gewalt begründenden Tatsachen muss dagegen der Halter beweisen, denn diese Tatsache kommt ihm zugute.

Zwischenergebnis Halterhaftung

Durch den Einsatz von Fahrzeugautomatisierungssystemen ändert sich an der Rechtfertigung für die verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung grundsätzlich nichts. Da diese sich (nur) am Betrieb einer abstrakten Gefahrenquelle orientiert, gelten diese Ausführungen im Grundsatz für alle Automatisierungsgrade nach BASt. Auch der Halter eines hochautomatisierten Fahrzeugs schafft durch dessen Betrieb eine Gefahr für andere, für die er ggf. rechtlich einzustehen hat und haftet unter den dargestellten Voraussetzungen.

Haftung des Fahrzeugführers

Neben dem Halter des Fahrzeugs haftet unter den Bedingungen des § 18 StVG auch der Fahrzeugführer für Schäden im Zusammenhang mit einem Unfall.

Haftungsvoraussetzungen

Fahrzeugführer ist nach gängiger Definition, wer selbst (eigenhändig) unter eigener Allein- oder Mitverantwortung ein Fahrzeug in Bewegung setzt, um es unter Handhabung essentieller technischer Vorrichtungen während der Fahrbewegung ganz oder wenigstens teilweise durch den Verkehrsraum zu leiten (König 2013b, Rn. 3). Während sich derjenige der am Steuer eines teilautomatisierten Fahrzeugs sitzt noch mit verhältnismäßig geringem Aufwand unter diese Definition fassen lässt, da er zumindest die Verantwortung für die Leitung durch den Verkehrsraum innehat, ist dies bei demjenigen, der am Steuer eines hochautomatisierten Fahrzeugs sitzt begründungsaufwändiger.

Auf den ersten Blick scheint die Definition hier nicht zu passen, da die Person hinter dem Steuer in hochautomatisierten Phasen das Fahrzeug grundsätzlich nicht selbst durch den Verkehr leitet, sondern das System diese Aufgabe übernimmt. Im Gegensatz zur Teilautomatisierung kommt hier noch nicht einmal eine Leitungsverantwortung in Betracht, an die angeknüpft werden kann. Haftungsrechtliche Konsequenz der fehlenden Führereigenschaft wäre, dass eine (Führer-)Haftung der Person hinter dem Lenkrad in hochautomatisierten Fahrphasen schon begrifflich ausscheiden würde. In manuellen Fahrphasen oder bei Übersteuerung des Systems würde die Person hinter dem Steuer hingegen zum Führer werden. Ein solches Verständnis würde voraussetzen, dass die Führereigenschaft nur abhängig von einem tatsächlichen Eingriff ins Fahrgeschehen ist.

Soweit ersichtlich, knüpft der Begriff des Fahrzeugführers jedoch an einen Geschehensablauf im Zusammenhang mit der Leitung des Fahrzeugs im Verkehrsraum an. So bleibt beispielsweise der Fahrzeugführer eines abgestellten Fahrzeugs so lange Führer, bis ein anderer die Führung übernimmt²⁵⁰ obwohl ein tatsächlicher Eingriff in das Fahrgeschehen nach Abstellen des Fahrzeugs nicht mehr möglich ist (BTDrucks). Auch kann ein Anhänger, der sich von einem Kraftfahrzeug löst oder abgestellt wird, geführt werden i.S.d. § 18 StVG (König 2013j, Rn. 1). Bei einem anderen Begriffsverständnis wäre beispielsweise auch derjenige kein Führer und wäre von der Haftung befreit, der bei einer Geradeausfahrt Hände und Füße von Lenkrad und den Pedalen nimmt, das Fahrzeug schlicht rollen lässt und so die Leitung des Fahrzeugs aus der Hand gibt, was sicher nicht Zweck der Fahrerhaftung sein kann. Demnach gilt auch derjenige, der in hochautomatischen Fahrphasen hinter dem Steuer sitzt als Führer i.S.d. § 18 StVG.

Der Umstand, dass diese Person in hochautomatisierten Fahrphasen von den Fahraufgaben befreit ist, findet daher bei der Begriffsdefinition des Fahrzeugführers

²⁵⁰ BTDrucks. 14/8780 S. 23, abgedruckt in: Hentschel/König/Dauer (Hrsg.), Straßenverkehrsrecht Kommentar, § 18 StVG vor Rn. 1.

i.S.d. § 18 StVG keine Berücksichtigung. Dies ist auch sachgerecht, denn schließlich kann diese Person jederzeit übersteuernd eingreifen und so die tatsächliche Leitung des Fahrzeugs wieder an sich nehmen. Die Befreiung von den Fahraufgaben findet jedoch im Rahmen des Verschuldens Berücksichtigung (dazu sogleich).

Nach § 18 Abs. 1 S. 1 StVG ist der Fahrer in den Fällen des § 7 Abs. 1 StVG zum Ersatz des Schadens nach den Vorschriften der §§ 8 bis 15 StVG verpflichtet. Als Anspruchsvoraussetzungen gilt über den Verweis auf § 7 Abs. 1 StVG daher, dass ebenso wie bei der Halterhaftung eine Rechtsgutverletzung vorliegen muss, welche kausal auf den Betrieb eines Kfz zurückzuführen ist.

Verschulden

Im Unterschied zur Halterhaftung, haftet der Fahrer jedoch nur, wenn er auch schuldhaft gehandelt hat.²⁵¹ Gem. § 18 Abs. 1 S. 2 StVG wird das Verschulden des Fahrzeugführers bis zum Beweis des Gegenteils vermutet. Es handelt sich demnach um eine Verschuldenshaftung mit umgekehrter Beweislast (König 2013j, Rn. 1). Der Führer muss also nachweisen, dass ihn ein Verschulden nicht getroffen hat. Regelmäßig kann dies durch den Nachweis geschehen, dass eigenes Fehlverhalten nicht vorgelegen hat oder dass das (schuldhaften) Fehlverhaltens eines anderen Verkehrsteilnehmers zum Unfall führte. Lässt sich die Ursache nicht aufklären, geht dies jedoch zu Lasten des Fahrers (BGH NJW 74, 1510).

Bei teilautomatisierten Fahrzeugsystemen kommt dem Fahrer die Pflicht zu, ständig das Verkehrsgeschehen zu beobachten und ggf. übersteuernd einzugreifen. Ist der Fahrer des teilautomatisierten Fahrzeugs dieser Pflicht nicht nachgekommen, liegt hierin ein Pflichtverstoß, der die Verschuldensvermutung rechtfertigt. Ist ein Dritter verantwortlich für das Unfallgeschehen, kann der Fahrer durch den Nachweis dieses Fehlverhaltens des Dritten die Vermutung gegen sich entkräften. Insofern ergeben sich grundsätzlich keine Unterschiede zur Haftung bei konventionellen Fahrzeugen.

In gewissen Widerspruch gerät diese Verschuldenshaftung mit umgekehrter Beweislast jedoch mit der Befreiung von der (Sorgfalts-)Pflicht zur aktiven Steuerung des Fahrzeugs und von der Überwachung des Systems im Rahmen hochautomatisierter Fahrphasen. Wer von einer Sorgfaltspflicht befreit ist, dem kann ein Sorgfaltspflichtverstoß grundsätzlich nicht vorgeworfen werden. Dies bedeutet, dass es dem Fahrer auch grundsätzlich haftungsrechtlich nicht angelastet werden kann, wenn das Fahrzeug in einer hochautomatisierten Fahrphase fehlerhafte Fahrmanöver einleitet, die zu einem Unfallschaden führen. Eine Haftung ist jedoch möglich, wenn der Fahrer das System während einer korrekt ablaufenden Hochautomatisierungsphase schuldhaft übersteuert und es hierdurch zu einer Rechtsgutsverletzung kommt. Eine Haftung während hochautomatisierten Fahrphasen bei denen keine Übersteuerung erfolgt, ist nur in Ausnahmefällen denkbar, nämlich dann, wenn besondere Umstände eintreten, die auch denjenigen Fahrer, der von der Überwachungspflicht befreit ist, an der ordnungsgemäßen Funktion des Automatisierungssystems zweifeln lassen müssen. Fährt das Fahrzeug beispielsweise in einer hochautomatisierten Fahrphase über längere Zeit auf einem Rüttelstreifen, der die Fahrbahn begrenzt und durch Vibrationen und Geräusche im Fahrzeuginnenbereich auf ein Abkommen von der Fahrbahn aufmerksam machen soll, so muss auch ein Fahrer, der von der Überwachungspflicht befreit ist, durch die starken Vibrationen erkennen, dass hier etwas mit dem System nicht in Ordnung ist und ggf. das Automatisierungssystem übersteuern oder abschalten um einer (Mit-)Haftung zu entgehen. In solchen Fällen ist Anknüpfungspunkt für die Sorgfaltspflichtverletzung aber nicht das mangelhafte Überwachen des Systems, sondern vielmehr das Ignorieren des Eintretens der besonderen zweifelweckenden Umstände.

²⁵¹ Mit Ausnahme der Schwarzfahrerhaftung (§ 7 Abs. 3 S. 1 StVG).

Treten jedoch keine solchen besonderen Umstände ein, die den Fahrer an der Zuverlässigkeit des Systems zweifeln lassen müssen, so ist der Fahrer aus Gründen der Rechtssicherheit und Rechtsklarheit nicht haftbar, auch wenn das Fahrzeug Fahrmanöver ausführt, die bei einer Überwachung des Systems als offensichtlich fehlerhaft zu bewerten wären, Beispielhaft kann hier das Rechts-Überholen, das Zuspänschnell-Fahren oder das Fahren zwischen zwei Fahrspuren genannt werden, das jeweils zu einem Unfallschaden führt.

Die genaue Zuordnung, ob ein eintretender Umstand einen Fahrzeugführer an der mangelnden Funktionsfähigkeit des Systems zweifeln lassen musste oder nicht, kann aufgrund der Vielzahl vorstellbarer Fallkonstellationen ganzheitlich nicht beantwortet werden, sondern ist von den Umständen des Einzelfalls abhängig. Jedenfalls ist ein restriktiver Maßstab anzulegen.

Sofern der Führer demnach das Fahrzeug in einer hochautomatisierten Phase nicht aktiv übersteuert, die Steuerrückübernahme bei Aufforderung durch das System nicht unterlässt, oder kein besonderer Umstand eintritt, der Zweifel an der Funktionsfähigkeit des Systems aufkommen lässt, ist ein sorgfaltswidriges und damit haftungsrechtlich relevantes Handeln des Fahrers nicht gegeben. Eine Vermutung für ein Verschulden ist in solch einer Situation nicht sachgerecht und rechtsdogmatisch verfehlt, denn ein Anknüpfungspunkt für eine Vermutung existiert in diesen Fällen nicht. Der Fahrer ist vielmehr während hochautomatisierten Phasen von der Pflicht zur Überwachung des Verkehrsgeschehens – mit Ausnahme der Bereithaltung zur Rückübernahme des Steuers binnen angemessener Frist – befreit.

Klarstellende Abhilfe könnte hier eine Erweiterung des § 18 Abs. 1 StVG dahingehend schaffen, dass eine Ersatzpflicht ausgeschlossen ist, wenn der Führer durch das System von der Überwachungspflicht befreit ist und kein übersteuernder Eingriff des Führers vorlag. Die oben genannten Fälle, bei denen ausnahmsweise eine Haftung wegen Ignorierung des Eintritts besonderer zweifelweckender Umständen im Raum steht, könnten über die deliktsrechtliche Generalklausel des § 823 Abs. 1 BGB gehandhabt werden.

Beweislast

Allerdings obliegt nach den Grundsätzen der Beweislastverteilung (s.o.) dem Fahrer der Nachweis, dass eine automatisierte Steuerung zum Zeitpunkt des Zustandekommens des Unfalls bestand und er somit von der Fahraufgabe befreit war. Ein solcher Nachweis wird regelmäßig nicht gelingen, da die Frage, ob ein Verhalten des Fahrers oder eine Steuerung des Systems ursächlich für das Unfallgeschehen war, im Rahmen der herkömmlichen Unfallrekonstruktion nicht zu erbringen ist. Abhilfe könnte hier ein Unfalldatenspeicher schaffen, der die Zeit während, vor und nach dem Unfallgeschehen aufzeichnet und speichert. Auf dessen rechtliche Voraussetzungen wird im Rahmen des Kapitels Datenschutzrecht näher eingegangen.

Haftungsausgleich nach § 17 StVG

Die Norm des § 17 StVG regelt für die Fälle, in denen ein Schaden nicht nur durch ein einzelnes Fahrzeug, sondern durch mehrere Fahrzeuge verursacht wird, die Ausgleichspflicht der Kraftfahrzeughalter untereinander. Über die Norm des § 18 Abs. 3 StVG, die auf § 17 StVG verweist, gilt dies auch für den haftungsrechtlichen Ausgleich zwischen Halter und Fahrer. Jede Unfallpartei haftet demnach entsprechend ihres Verursachungsbeitrages zu dem Unfall und dem hieraus resultierenden Schaden. In praxi werden hier oftmals prozentuale Haftungsquoten gebildet, die sich nach dem jeweiligen Verursachungsbeitrag richten.

Die Pflicht zum Haftungsausgleich ist gem. § 17 Abs. 3 StVG lediglich dann ausgeschlossen, wenn der Unfall durch ein unabwendbares Ereignis verursacht wurde, das weder auf einem Fehler in der Beschaffenheit des Fahrzeugs, noch auf einem Versagen seiner technischen Vorrichtungen beruht. Da das Hochautomatisierungssystem eine technische Vorrichtung des Fahrzeugs darstellt, kommt ein Berufen auf ein unabwendbares Ereignis bei Versagen des Systems

regelmäßig nicht in Betracht. Insofern können auch wenn zwei hochautomatisierte Fahrzeuge, oder ein hochautomatisiertes und ein konventionelles Fahrzeug einen Unfall verursachen, Haftungsquoten je nach dem jeweiligen Verursachungsbeitrag gebildet werden.

Umfang der Ersatzpflicht

Der Umfang der Ersatzpflicht läuft für Fahrzeughalter und –führer im Wesentlichen gleich, vgl. den Verweis in § 18 Abs. 1 auf § 7 Abs. 1 StVG.

Gem. § 7 Abs. 1 StVG hat der Halter den Schaden zu ersetzen, wenn bei dem Kraftfahrzeugbetrieb ein Mensch getötet, verletzt, sonst an der Gesundheit geschädigt oder wenn eine Sache beschädigt wird. Die Haftung umfasst Sachschäden und Körperschäden (einschließlich Schmerzensgeld nach § 11 S. 2 StVG). Reine Vermögensschäden sind nicht von der Ersatzpflicht umfasst. Da die Ersatzpflicht nach § 7 StVG kein Verschulden voraussetzt und die Ersatzpflicht nach § 18 StVG auf diese Norm verweist, gelten als Ausgleich für diese weitgehende Haftung Höchstbeträge nach § 12 StVG. Danach ist gem. § 12 Abs. 1 Nr. 1 StVG im Fall von Tötungen oder Körperverletzungen die Haftung auf fünf Millionen Euro begrenzt. Im Fall von Sachbeschädigungen, auch wenn durch dasselbe Ereignis mehrere Sachen beschädigt werden, haftet der Pflichtige nur bis zu einem Betrag von insgesamt einer Million Euro, § 12 Abs. 1 S. 2 StVG.

Zwischenergebnis der Straßenverkehrshaftung

Hinsichtlich der Halterhaftung, die an ein Verschulden nicht geknüpft ist, ergibt sich bei einer Einführung hochautomatisierter Fahrzeuge keine Besonderheit, denn Grund dieser ist die potenzielle und abstrakte Gefahr beim Betrieb eines Fahrzeugs. Dabei spielt es keine Rolle ob es konventioneller, teil- oder hochautomatisierter Natur ist. Der Fahrer eines Fahrzeugs haftet nur, wenn ihn ein Verschulden trifft und sein Verhalten kausal für die Rechtsgutverletzung war. Dies scheidet grundsätzlich aus, wenn der Fahrer vom System in einer hochautomatisierten Phase von den Fahr- und Überwachungsaufgaben befreit ist und eine Übersteuerung seitens des Fahrers nicht erfolgt. Übersteuert der Fahrer während einer hochautomatisierten Phase und war dies ursächlich für die Rechtsgutverletzung sowie schuldhaft, kommt eine Haftung des Fahrzeugführers jedoch in Betracht. Treten in hochautomatisierten Fahrphasen besondere Umstände auf, welche den Fahrer an der korrekten Funktion des Systems zweifeln lassen müssen und ignoriert er diese, kommt eine Haftung ausnahmsweise ebenfalls in Betracht.

Haftung für Produktfehler

Neben der Haftung aus dem StVG kann für die Frage der zivilrechtlichen Einstandspflicht im Rahmen von Verkehrsunfällen die Haftung für Produktfehler eine Rolle spielen. Dabei kommen Ansprüche eines Geschädigten insbesondere aus der Produkt- bzw. Produzentenhaftung in Betracht.

Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz

Zwischen dem Hersteller einer Ware und dem Endabnehmer sind in der Regel Zwischenhändler geschaltet, so dass regelmäßig keine vertraglichen Beziehungen und somit Gewährleistungsansprüche (§ 437 BGB) des Endabnehmers gegen den Hersteller bestehen.

Mitte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts hat der Europäische Rat eine Richtlinie erlassen, welche die Haftung des Herstellers für Schäden, die durch die Fehlerhaftigkeit seiner Produkte verursacht worden sind zum Gegenstand hat, RL 85/374/EWG. Durch diese Richtlinie sollte zum einen Wettbewerbsverfälschungen entgegengewirkt werden, die durch unterschiedliche Haftungsmaßstäbe für Produktschäden in den verschiedenen Staaten entstehen können. Weiteres Anliegen des Rates war es, den Verbraucherschutz gegenüber dem Hersteller zu stärken. In Verfolgung dieser

Richtlinienziele hat der deutsche Gesetzgeber am 01.01.1990 das deutsche Produkthaftungsgesetz²⁵² erlassen.

Gem. § 1 Abs. 1 S. 1 ProdHaftG ist der Hersteller eines Produkts zum Schadenersatz verpflichtet, wenn durch einen Fehler des Produkts jemand getötet, sein Körper oder seine Gesundheit verletzt oder eine Sache beschädigt wird. An der Formulierung dieser Norm wird deutlich, dass es sich - ähnlich der Halterhaftung – um eine verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung haftet. Die Fehlerhaftigkeit seines Produkts muss dem Hersteller folglich nicht vorgeworfen werden. Es reicht zur Gewährung des Schadenersatzanspruchs der Nachweis aus, dass ein Fehler vorliegt und dieser ursächlich für den Schaden war (Sprau 2015a, Rn. 1, 9).

Anders als die Gewährleistungsrechte, wirkt das ProdHaftG grundsätzlich gegenüber jedermann (inter omnes). Geschädigter muss hier demnach nicht der Endabnehmer selbst sein, sondern es kann sich auch um einen Dritten (bspw. Unfallgegner) handeln, der Ansprüche gegen den Hersteller geltend macht.

Das Produkthaftungsgesetz schafft demnach eine Rechtsgrundlage, Ersatz für Schäden zu verlangen die durch die Fehlerhaftigkeit eines Produkts hervorgerufen werden. Dabei ist mittlerweile sowohl materieller als auch immaterieller Schaden (Schmerzensgeld) zu ersetzen, vgl. § 8 ProdHaftG.

Der Schadensumfang im Produkthaftungsgesetz wird jedoch dahingehend eingeschränkt, dass es sich bei der beschädigten Sache um eine andere Sache als das fehlerhafte Produkt selbst handeln muss. Weiterhin wird in § 1 Abs. 1 ProdHaftG klargestellt, dass eine Schadenersatzpflicht nur greift, „wenn diese andere Sache ihrer Art nach gewöhnlich für den privaten Ge- oder Verbrauch bestimmt und hierfür von dem Geschädigten hauptsächlich in Anspruch genommen worden ist.“ Sachschäden durch Produkte, die für gewerbliche Nutzung bestimmt sind und so genutzt werden, begründen somit keine Ansprüche nach dem ProdHaftG. Anders ist dies bei Personenschäden. Hier gilt die letztgenannte Einschränkung nicht.

Bei Personenschäden ist der Haftungshöchstbetrag gem. § 10 Abs. 1 ProdHaftG auf 85 Mio. Euro pro Schadensereignis beschränkt. Der Ersatz immateriellen Schadens für die Verletzung des Körpers oder der Gesundheit, also der Schmerzensgeldanspruch, ist durch § 8 ProdHaftG insoweit beschränkt, als dass eine „billige Entschädigung in Geld“ gefordert werden kann.

Der Hersteller

Der Anspruch aus Produkthaftung richtet sich gegen den „Hersteller“. Wer Hersteller im Sinne des Gesetzes ist, gibt § 4 ProdHaftG vor. Danach ist Hersteller u.a., wer das Endprodukt, einen Grundstoff oder ein Teilprodukt hergestellt hat. Unterscheiden sich Kraftfahrzeug-Hersteller und Hersteller des Automatisierungssystems, so können mehrere ersatzpflichtig sein. Gem. § 5 ProdHaftG kann der Geschädigte dann denjenigen in Anspruch nehmen, der am sichersten in der Lage ist, den geltend gemachten Anspruch zu befriedigen (gesamtschuldnerische Haftung).

In der Praxis wird es oft darauf hinauslaufen, dass man lediglich dem Hersteller des Endproduktes die Fehler zuordnen kann. Aus Sicht der Kfz-Hersteller bedeutet dies, dass sie durch geeignete Qualitätssicherungsvereinbarungen mit ihren Zulieferern Verantwortungsbereiche so klar und eindeutig wie möglich definieren und abgrenzen sollten (Meyer/Harland 2007, S. 695).

Der Fehlerbegriff des Produkthaftungsgesetzes

Der Hersteller hat für einen Fehler seines Produkts einzustehen.

Produkthaftungsrechtlich liegt gem. § 3 Abs. 1 ProdHaftG ein Fehler vor, „wenn ein

²⁵² Produkthaftungsgesetz vom 15. Dezember 1989 (BGBl. I 1989, S. 2198), das zuletzt durch Artikel 9 Absatz 3 des Gesetzes vom 19. Juli 2002 (BGBl. I 2002a, S. 2674) geändert worden ist

Produkt nicht die Sicherheit bietet, die unter Berücksichtigung aller Umstände, insbesondere seiner Darbietung, des Gebrauchs, mit dem billigerweise gerechnet werden kann und des Zeitpunkts, in dem es in den Verkehr gebracht wurde, berechtigterweise erwartet werden kann“. Wie sich aus der Formulierung ergibt ist der Fehlerbegriff des ProdHaftG ein sicherheitsrechtlicher. Im Unterschied zum gewährleistungsrechtlichen Mängelbegriff soll das ProdHaftG daher nicht solche Fehler erfassen, die sich aus der fehlenden Kohärenz zwischen Leistung und Gegenleistung ergeben (Nutzungs- bzw. Äquivalenzinteresse), sondern solche Produktfehler zum Gegenstand haben, die Auswirkungen auf die Sicherheit für Leben, Gesundheit und Sachwerte haben können (Integritätsinteresse) (Sprau 2015a, Rn. 1). Entscheidend ist hier der Erwartungshorizont der durch die fehlende Produktsicherheit betroffenen Allgemeinheit, und somit die Frage, was ein durchschnittlicher Benutzer oder Dritter objektiv erwarten darf.

Das Produkt, für dessen Fehler einzustehen ist, muss gem. § 2 ProdHaftG eine bewegliche Sache sein, auch wenn sie ein Teil einer anderen beweglichen Sache oder einer unbeweglichen Sache bildet. Fraglich ist hier, ob darunter auch die für automatisierte Fahrzeuge nötige Software fällt. Bei Datenträgern, auf denen Computerprogramme gespeichert sind, handelt es sich um Verkörperungen der geistigen Leistung und damit um Sachen (BGH NJW-PR 1986, 219). Ob darüber hinaus die geistige Leistung, die in das Computerprogramm eingeflossen ist, selbst Produkt i.S.d. ProdHaftG ist, ist umstritten. Jedenfalls soll aber Standardsoftware darunter fallen (Sprau 2015a, Rn. 1 m.w.N.). Unter Standardsoftware ist solche Software zu verstehen, die als vorgefertigtes Produkt erworben werden kann und nicht individuell auf einen Kunden zugeschnitten ist (Einzelstück, Maßanfertigung). Dies ist bei Software zur Steuerung von Fahrzeugautomatisierungssystemen der Fall, da die Software regelmäßig im vorgefertigten Paket mit dem Fahrzeug angeboten wird und individuelle Kundenwünsche nicht berücksichtigt werden. Software, die im Kfz zur Steuerung von Fahrzeugautomatisierung gespeichert ist, ist daher als Produkt i.S.d. ProdHaftG anzusehen.

Ausdrücklich kein Fehler haftet einem Produkt nur deshalb an, weil später ein verbessertes Produkt in den Verkehr gebracht wurde, § 3 Abs. 2 ProdHaftG.

Fehlerarten

Es werden im Rahmen der Produkthaftung grundsätzlich drei Fehlerarten unterschieden: Konstruktionsfehler, Fabrikationsfehler und Instruktionsfehler.

Ein *Konstruktionsfehler* liegt immer dann vor, wenn das Produkt infolge fehlerhafter technischer Konzeption oder Planung für eine gefahrlose Benutzung ungeeignet ist (Sprau 2015a, Rn. 8). Wesensmerkmal ist, dass aufgrund des Fehlers in der Planungs- bzw. Konzeptionsphase, die ganze Serie vom Konstruktionsfehler betroffen ist. Der Hersteller hat demnach sicherzustellen, dass das Produkt den gebotenen Sicherheitsstandard einhält und im Rahmen der Konzeption diejenigen Maßnahmen zu ergreifen, die zur Vermeidung einer konkreten Gefahr nach objektiven Maßstäben *erforderlich* und *zumutbar* sind (BGH NJW 2009, 2952). Der Maßstab für diese erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen richtet sich nach dem, was zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens (s.u.) konstruktiv möglich ist. Mit dem Hinweis auf die konstruktive Möglichkeit ist dabei gemeint, dass das Produkt nach gesichertem Wissen praktisch einsatzfähig (=serienreif) ist und aufgrund seines (hohen) Entwicklungsstadiums geeignet und genügend erscheint, um Schäden zu verhindern (BGH NJW 2009, 2952). Dabei liegt dieser Maßstab besonders hoch, wenn (fehlerhafte) Produkte zu Gefahren für Leib und Leben führen können, wie dies bei hochautomatisierten Fahrzeugen regelmäßig der Fall ist.

Für die Frage der Zumutbarkeit der Sicherungsmaßnahme müssen sämtliche Umstände des Einzelfalls betrachtet werden, insbesondere die Intensität der von der Konstruktion ausgehenden Gefahren und welche Rechtsgüter diesen Gefahren ausgesetzt sein können. Neben dieser Betrachtung des potentiell geschädigten Rechtsguts ist auch die wirtschaftliche Auswirkung denkbarer Sicherungsmaßnahmen in den Blick zu nehmen,

insbesondere sind dabei Verbrauchergewohnheiten, Produktionskosten, Absatzchancen sowie eine Kosten-Nutzen-Relation zu berücksichtigen. (BGH NJW 2009, 2952) Auch wenn sich die Gefährlichkeit eines Produkts durch konstruktive oder planerische Maßnahmen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik nicht vollständig ausräumen lässt, heißt das noch nicht, dass ein Produkt nicht in den Verkehr gebracht werden darf. Vielmehr kann bei solchen Produkten, die trotz ihrer Gefährlichkeit aufgrund einer umfassenden Risiko-Nutzen-Abwägung in den Verkehr gebracht werden dürfen, ein Appell an den Nutzer mit dem Hinweis auf diese spezifische Gefährlichkeit erforderlich werden (Instruktionspflicht, dazu sogleich).

Von einem *Fabrikationsfehler* wird dann gesprochen, wenn das Produkt, dessen Verwendung zu einem Schaden geführt hat, von den Konstruktions- und Qualitätsvorgaben, also dem vom Hersteller selbst gesetzten Standard abweicht. Häufig liegt die Ursache für Fabrikationsfehler darin, dass der Hersteller seine Pflicht verletzt hat, die Produktion so zu organisieren und zu überwachen, dass grundsätzlich die Sicherheit eines jeden Produkts gewährleistet wird. Bei der Serienfertigung ist somit entscheidend, ob ein einzelnes Produkt von der Standardserie und damit der für sie geltenden Sicherheit abweicht. Worauf die Abweichung zurückgeht, etwa Störungen im Produktionsablauf, ist ohne Bedeutung. Auch sog. „Ausreißer“, also Fabrikationsfehler die trotz aller zumutbaren Vorkehrungen unvermeidbar sind, fallen unter Fabrikationsfehler und können einen Schadenersatzanspruch auslösen (Sprau 2015, Rn. 9).

Der *Instruktionsfehler* ist der Fehler eines Produkts, der letztlich aus einer inkorrekten Anwendung beim Endabnehmer resultiert, für den aber nicht dieser verantwortlich ist, sondern der Hersteller, weil er es unterlassen hat, vor den spezifischen Gefahren des Produkts zu warnen oder die Gebrauchs- / bzw. Bedienungsanleitung unvollständig oder fehlerhaft ist. Hersteller müssen auf die korrekte Handhabung eines Produkts hinweisen und über bestimmte Gefahren aufklären, sofern sie nicht im Rahmen des Gebrauchs, mit dem billigerweise zu rechnen ist, offen zu Tage treten bzw. den Verwendern ohnehin bekannt sind (Sprau 2015, Rn. 10). Wie oben im Rahmen der Erläuterung zu Konstruktionsfehlern schon angedeutet, besteht eine gewisse Wechselwirkung zwischen Konstruktions- und Instruktionspflichten/ -fehlern. So kann der Hersteller sein Haftungsrisiko, das konstruktionsbedingt auch durch Sicherheitsmaßnahmen nicht eliminiert werden kann, durch geeignete Hinweise und Warnungen ersetzen. Sonst wären Produkte, die aufgrund ihrer Konstruktion und Verwendung nicht sicherer gestaltet werden können, nicht denkbar. So sind beispielsweise bei einem motorisierten Rasenmäher die grasschneidenden Messer an der Unterseite konstruktiv zwangsläufig nicht verdeckt. Vor der Gefahr, dass der Verwender beim Betrieb des Rasenmähers unter denselben greift um ihn anzuheben oder zu versetzen muss deshalb eindrücklich (bspw. durch auffällige Gefahrensymbolik) hingewiesen werden. Diese Ersetzungsbefugnis darf jedoch nicht so weit gehen, dass der Hersteller auch technisch mögliche und zumutbare Konstruktionsmaßnahmen durch Warnhinweise ersetzt (BGH NJW 2009, 2952). Vielmehr sind die Gefahrenquellen auszuräumen, bevor eine bloße Warnung vor ihnen genügt.

Da der Fahrer von hochautomatisierten Fahrzeugen mit dem System interagieren soll und viele der Assistenzsysteme auf eine Einflussnahme des Fahrers angewiesen sind (Ein-/Ausschalten, übersteuern, Übergabe zwischen System und Fahrer) sind die Instruktionspflichten der Hersteller solcher Systeme von erheblicher Bedeutung. Der Inhalt und Umfang der Instruktionspflicht hängt vom individuellen Produkt ab und ist im Einzelfall anhand der gefährdeten Rechtsgüter und der Größe der Gefahr zu bestimmen. Abstrakt formuliert ist vor solchen Gefahren zu warnen, die bei bestimmungsgemäßem Gebrauch oder naheliegender Fehlgebrauch drohen und nicht zum allgemeinen Gefahrenwissen des Benutzerkreises gehören. Grundsätzlich ist dabei von der am wenigsten informierten und damit am meisten gefährdeten Benutzergruppe auszugehen (BGH NJW 2009, 932). Dabei ist ein solcher Maßstab anzulegen, dass die Instruktionen und Warnungen dem Anwender eine eigenständige Entscheidung darüber ermöglichen, ob er bereit ist, die Gefahren im Umgang mit dem

Produkt hinzunehmen, um die mit dem Produkt verbundenen Vorteile zu genießen (BGH NJW 2009, 2952). Deshalb ist Grundvoraussetzung der Instruktionen und Warnhinweise, dass der Anwender diese auch zur Kenntnis nehmen kann. Dabei ist wiederum nicht nur auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch, sondern auch auf nicht ganz fernliegende versehentliche Fehlanwendung und naheliegenden Missbrauch abzustellen. Auf Gefahren, die aus vorsätzlichem oder äußerst leichtfertigen Fehlgebrauch oder gar völlig zweckfremdem Missbrauch resultieren können, muss hingegen nicht hingewiesen werden (Sprau 2015, Rn. 11 m.w.N.).

Insofern reicht es für die Wahrung der Instruktionspflichten auch nicht aus, nur in einem zum Fahrzeug beigelegten Handbuch bzw. einer Bedienungsanleitung auf die Gefahren hinzuweisen, da regelmäßig davon auszugehen ist, dass der Anwender dieses Handbuch überhaupt nicht oder erst im Problemfall zu Rate zieht. Es ist vielmehr zudem erforderlich, dass der Hersteller dem Anwender an seinem Arbeitsplatz, also dem Fahrersitz, entsprechende Warnhinweise gibt. Der Hinweis kann sich darauf beziehen, dass ein bestimmtes, der Sicherheit dienendes System aktiv ist oder wird. Es muss sich darauf beziehen, dass ein System an die Grenzen seiner Wirksamkeit gelangt, also unter bestimmten Fahrbedingungen nicht mehr funktionsfähig ist. Gerade der Hinweis auf Systemgrenzen - wie immer er auch erfolgt - muss klar und unverwechselbar sein. Da davon auszugehen ist, dass mit hochautomatisierten Fahrzeugen auch Anwender umgehen werden, die zum ersten Mal solch ein System nutzen, sind entsprechend hohe Anforderungen an die Hinweise zu stellen. Dies gilt insbesondere für Situationen, in denen das System interveniert, da der systemunerfahrene Anwender mit einem Eingreifen des Systems möglicherweise nicht rechnet (man denke an Miet- oder Leihwagen). Gegebenenfalls kann eine reine Anzeige im Display oder am Cockpit nicht ausreichend sein, sondern es müssen Funktionen bereitgestellt werden, die sicherstellen, dass der Anwender die Instruktionen und Warnungen zur Kenntnis nehmen muss. Denkbar wäre beispielsweise die Bestätigung entsprechender Nutzungsbedingungen und -hinweise vor Benutzung des hochautomatisierten Fahrmodus. Weiterhin denkbar sind haptische Signale, wie die Vibration des Lenkrads oder akustische Signale wie eine Systemansage, die auf etwaige Systemgrenzen hinweisen.

Hinsichtlich der angebotenen Nebentätigkeiten muss sichergestellt werden, dass dem Fahrer unmissverständlich vermittelt wird, dass nur die herstellerseitig verbauten Angebote wahrgenommen werden dürfen und andere Nebentätigkeiten wie das Lesen eines Buches oder Arbeiten am Computer nicht gestattet sind. Sichergestellt werden muss auch, dass sämtliche Nebentätigkeitsangebote im Fall der Steuerrückübernahme sofort beendet werden und der Blick auf die Straße und das Verkehrsgeschehen wieder absolut frei ist.

Daraus wird ersichtlich, dass die Konstruktions- und Instruktionspflichten nicht isoliert zu betrachten sind, sondern sich vielmehr ergänzen. In jedem Fall muss dem Nutzer die Möglichkeit gegeben werden, das System auszuschalten und das Fahrzeug manuell zu bewegen, wenn er sich aufgrund seiner Unerfahrenheit den sicheren Umgang mit dem System nicht zutraut.

Bei der Darbietung des Produkts, also der Art und Weise, wie das Produkt in der Öffentlichkeit vom Produzenten präsentiert wird, ist strengstens darauf zu achten, dass sich Werbung und Realität entsprechen. Der Umstand, dass die tatsächliche Leistungsfähigkeit der werblich dargestellten nicht entspricht, führt dazu, dass ein Produktfehler vorliegt. Immer wenn eine bestimmte Leistungsfähigkeit dargestellt wird, wird damit der Erwartungshorizont bestimmt, der den Fehlerbegriff prägt. Entspricht die tatsächliche Leistung nicht dem Erwartungshorizont, liegt ein Fehler vor.

Ein die Produkthaftung des Herstellers auslösender Fehlgebrauch liegt dann vor, wenn die Risiken für den Verbraucher nicht ohne weiteres erkennbar sind und Schäden großen Ausmaßes verursacht werden können. Besondere Sorgfalt ist dann angebracht, wenn ein Produkt zu einer bestimmten Art der Benutzung verleitet, für die es nach seiner Konstruktion gar nicht geeignet ist. Soweit hochautomatisierte Systeme den Fahrer von seiner Verkehrsüberwachungspflicht befreien und ihm

Nebenbeschäftigungen ermöglichen, liegt es nicht fern, dass der Fahrer sich durch Wegdrehen oder gar einen Sitzplatzwechsel so weit vom Verkehrsgeschehen abwendet, dass eine Übernahme der Fahraufgabe auch in einer verhaltenspsychologisch großzügig ermittelten Übernahmezeit nicht erfolgen kann. Solche Situationen sind seitens des Herstellers zu verhindern. Entweder durch eine Verlängerung der Übernahmezeit durch Ausreifung der Systeme oder - sicherlich zweckmäßiger - durch Sicherstellung einer generellen Übernahmereitschaft des Fahrers, indem seine Sitzposition mittels Drucksensoren im Fahrersitz und Lenkrad oder Innenraumkameras kontrolliert wird.

Hochautomatisierte Systeme müssen demnach insgesamt so konstruiert sein, dass sie selbsttätig in der Lage sind, alle Situationen zu bewältigen, die während einer automatisch geregelten Phase auftreten können oder dass sie jedenfalls die spezifische Verkehrssituation so wahrnehmen können, dass sie selbsttätig ihre Systemgrenzen erkennen und den Fahrer mit ausreichender Zeitreserve und eingehender Instruktion zur Rückübernahme auffordern.

Im Hinblick auf die ständig zunehmende Zahl der Systeme wäre eine Vereinheitlichung der grundsätzlichen Funktionsweisen durch die Hersteller sinnvoll um den Verwendern ein einheitliches Bedienkonzept zur Seite zu stellen.

Zeitpunkt

Der Zeitpunkt, der bestimmt, wann ein Produktfehler vorliegt, ist der, zu dem das Produkt in den Verkehr gebracht wird, § 3 Abs. 1 lit. c. ProdHaftG. Es kommt also nicht darauf an, welcher Sicherheitserwartungshorizont des Nutzers oder Dritten im Zeitpunkt des Schadenseintritts bestand. Zwischen diesem Zeitpunkt und dem des In-Verkehr-Bringens können sich neue Erkenntnisse zu sicherheitsrelevanten Fragen und technische Weiterentwicklungen ergeben haben. Die Herstellerverantwortlichkeit kann sich daher nur auf den Zeitpunkt beziehen, in dem der Hersteller das Produkt in den Verkehr gebracht hat.

Beweislast

Gem. § 1 Abs. 4 S. 1 ProdHaftG trägt der Geschädigte für den Fehler, den Schaden und den Zusammenhang zwischen Fehler und Schaden die Beweislast. Für die Haftungsausschlussstatbestände der Abs. 2 und 3 des § 1 ProdHaftG trägt hingegen der Hersteller die Beweislast, § 1 Abs. 4 S. 2 ProdHaftG.

Produzentenhaftung, § 823 BGB

Neben der Haftung nach dem ProdHaftG bleibt eine Haftung aufgrund anderer Normen unberührt. § 15 Abs. 2 ProdHaftG. Insoweit tritt neben die Produkthaftung nach dem ProdHaftG die sog. Produzentenhaftung auf Grundlage unerlaubter Handlung nach § 823 BGB.

Nach der Haftungsnorm des § 823 Abs. 1 BGB hat derjenige, der vorsätzlich oder fahrlässig das Leben, den Körper, die Gesundheit, die Freiheit, das Eigentum oder ein sonstiges Recht eines anderen widerrechtlich verletzt, dem anderen den daraus entstandenen Schaden zu ersetzen.

Überblick

Wie sich aus der Formulierung des Gesetzeswortlauts (vorsätzlich oder fahrlässig) ergibt, ist die Haftung nach § 823 Abs. 1 BGB anders als diejenige nach dem ProdHaftG an ein Verschulden im Sinne einer subjektiven Vorwerfbarkeit geknüpft. Anknüpfungspunkt für diese Vorwerfbarkeit ist die Verletzung einer Verkehrssicherungspflicht und nicht der sicherheitsrechtliche Fehlerbegriff aus dem ProdHaftG. Dennoch gelten hier dieselben objektiven Maßstäbe, sodass die oben aufgeführten Fehlerarten auch Anwendung für die Produzentenhaftung finden (BGH NJW 2009, 2952). Im Rahmen der Haftungsvoraussetzungen stimmen daher Produkt- und Produzentenhaftung im Wesentlichen überein, dennoch gibt es zwischen diesen Haftungskonzepten zum Teil Unterschiede.

Verhältnis zur Produkthaftung

Soweit ein Verschulden des Herstellers im Raum steht, ist dabei das nach § 276 Abs. 2 BGB Außerachtlassen der im Verkehr erforderlichen Sorgfalt gemeint. Dabei hat der BGH in einem aufsehenerregenden Urteil Ende der 1960er Jahre entschieden, dass hinsichtlich des Verschuldens die Beweislast zu Lasten des Herstellers umgekehrt wird (BGHZ 51, 91ff.). Hintergrund dieser Beweislastumkehr ist der Umstand, dass der Geschädigte, wenn er das Verschulden des Produzenten beweisen will, den objektiven Geschehensablauf der Produktion in seinen Einzelheiten aufklären muss. Hier befindet sich der Geschädigte in einer gewissen „Beweisnot“, da er regelmäßig keinen Einblick in die Produktionsabläufe des Herstellers hat. Dieser hingegen überblickt die Produktionssphäre, bestimmt und organisiert die Herstellungsprozesse und die Auslieferungskontrolle des fertigen Produkts. Insofern sei der Hersteller „näher daran“, den Sachverhalt aufzuklären und die Folgen der Beweislosigkeit zu tragen. Somit handelt es sich bei der Produzentenhaftung um eine Haftung für vermutetes Verschulden, der Hersteller muss sich aktiv entlasten um einer Haftung zu umgehen. Im Gegensatz dazu ist bei der Haftung nach dem ProdHaftG eine Gefährdungshaftung ohne Entlastungsbeweis gegeben. An Bedeutung gewinnt die Produzentenhaftung beispielsweise bei fehlendem Anwendungsbereich des ProdHaftG weil die beschädigte Sache nicht für den Privatgebrauch bestimmt ist oder Schäden die Haftungshöchstgrenze des ProdHaftG von 85 Mio. Euro übersteigen. Kann der Hersteller nachweisen, dass ihn ein Verschulden nicht trifft, verspricht eine Klage nach dem ProdHaftG für den Endabnehmer mehr Erfolg, denn eine Möglichkeit zur Entlastung ist hier nicht gegeben.

Zwischenergebnis Haftungsrecht

Wie dargestellt nimmt die scharfe Form der Halterhaftung den Halter grundsätzlich in die Haftung aufgrund der Tatsache, dass er ein Kraftfahrzeug betreibt. Da sich auch hochautomatisierte Fahrzeuge verkehrsbeeinflussend im Verkehrsbereich bewegen, sind auch solche von der Halterhaftung umfasst.

Der Fahrer eines Fahrzeugs haftet grundsätzlich nur verschuldensabhängig, also wenn ihm ein Verkehrsverstoß angelastet werden kann, wobei sein Verschulden hier vermutet wird und er insoweit in der Pflicht ist, sich zu entlasten. Während hochautomatisierten Fahrphasen kommt eine Haftung des Fahrers regelmäßig nur dann in Betracht, wenn er schuldhaft übersteuert und es hierdurch zu einer Rechtsgutsverletzung kommt.

Ist der Fahrer von der Verkehrsbeobachtungspflicht befreit, weil die Fahrt in einer hochautomatisierten Phase stattfindet, kann ihm bei einem Verkehrsverstoß mit anschließendem Unfallschaden in der Regel kein Vorwurf gemacht werden, vorausgesetzt er hat das System instruktionsgemäß aktiviert und eine Übersteuerung während dieser Phase ist unterblieben. Hat der Fahrer das System übersteuert und so wieder das Verkehrsgeschehen in die Hand genommen und ist es hierdurch schuldhaft zu einer Rechtsgutverletzung gekommen, kann ihm ein haftungsrechtlicher Vorwurf gemacht werden. Ausnahmsweise kommt eine Haftung des Fahrers in Betracht, wenn er besondere Umstände ignoriert, welche ihn an der Funktionsfähigkeit des Systems zweifeln lassen müssen und es hierdurch zu einer Rechtsgutsverletzung kommt. Denklogisch müssen dann jedoch grundsätzlich alle Rechtsgutsverletzungen, die während einer hochautomatisierten Phase entstehen – und für die ein Dritter nicht alleinverantwortlich ist - kausal auf einem Produktfehler beruhen, wenn der Fahrer nicht übersteuernd eingegriffen hat. Denn der Hersteller hat konstruktiv sicherzustellen, dass sein Produkt den sicherheitsrechtlichen Erwartungen (einer unfallfreien Fahrt) gerecht wird und den Endabnehmer ausreichend über die Systemfunktionen und deren Grenzen zu informieren sowie über Risiken aufzuklären. Wird er diesen Erwartungen nicht gerecht, liegt regelmäßig ein Produktfehler vor. Der Hersteller hätte die

Systemgrenzen deutlicher hervorzuheben und/oder den Fahrer früher zur Rückübernahme auffordern müssen.

Zu einem anderen Ergebnis wird man regelmäßig bei Schäden kommen, die durch andere, sich verkehrswidrig verhaltende Verkehrsteilnehmer verursacht werden. Trotz der Verpflichtung zu defensivem Verhalten²⁵³ muss nach heutigem Recht im Interesse des flüssigen Straßenverkehrs der Vertrauensgrundsatz zugrunde gelegt werden, wonach sich der verkehrsrichtig verhaltende Verkehrsteilnehmer nicht vorsorglich auf alle möglichen Verkehrswidrigkeiten anderer Verkehrsteilnehmer einstellen muss. Überträgt man diesen Verhaltensgrundsatz auf den Fall der Steuerung eines hochautomatisierten Systems, wird man zu dem Ergebnis kommen, dass es durchaus möglich erscheint, dass Schäden durch einen so derart überwiegenden Anteil Dritter verursacht sein können, dass hierin nicht notwendigerweise ein Fehler in der automatischen Fahrzeugsteuerung liegen muss.

Handlungsbedarf hinsichtlich des haftungsrechtlichen Rechtsrahmens bedarf es vor diesem Hintergrund folglich nicht, denn Haftungslücken werden nicht entstehen. Vereinfacht gesagt, haften Halter und Fahrer für die Betriebsgefahr und Fahrfehler und der Hersteller für Produktfehler. Sind Rechtsgutverletzungen nicht ausschließlich auf einen Produktfehler oder einen Fahrfehler zurückzuführen, können Haftungsquoten gebildet werden, die sich nach dem jeweiligen Verursachungsbeitrag richten. Wünschenswert wäre jedoch eine gesetzliche Klarstellung dahingehend, dass der Fahrer während einer hochautomatisierten Phase – sofern keine Übersteuerung durch ihn vorlag - von der Haftung aus § 18 StVG befreit ist.

Rechtliche Grundlagen des Datenschutzes

Diverse Rechtsgrundlagen bestimmen den Umgang mit erhobenen Daten. Die im Hauptgutachten bereits kurz vorgestellten datenschutzrechtlichen Grundlagen sollen in diesem Anhang hergeleitet und vertieft dargestellt werden.

Recht auf informationelle Selbstbestimmung

Im sog. Volkszählungsurteil vom 15.12.1983 hat das BVerfG den Datenschutz als Grundrecht anerkannt (BVerfGE 65, 1). Das BVerfG leitete aus dem in Art. 2 Abs. 1 i. V. m. Art. 1 Abs. 1 GG²⁵⁴ verankerten allgemeinen Persönlichkeitsschutz das informationelle Selbstbestimmungsrecht ab, worunter das rechtlich geschützte Interesse an Intimität und Privatheit im Umgang mit personenbezogenen Daten bei der Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten zu verstehen ist (Weichert 2014b, Rn. 7ff.). Das Recht auf informationelle Selbstbestimmung²⁵⁵ gewährleistet die Befugnis des Einzelnen, grundsätzlich selbst über die Preisgabe und Verwendung seiner persönlichen Daten zu bestimmen (Polenz 2012, Rn. 5). Das Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung stellt vornehmlich ein Abwehrrecht dar. Eingriffe in dieses Grundrecht sind nach Ansicht des BVerfG nur gerechtfertigt,

²⁵³ Aufgrund des Grundsatzes ständiger Vorsicht und gegenseitiger Rücksicht. (§ 1 Abs. 1 StVO)

²⁵⁴ Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1 veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 11. Juli 2012 (BGBl. I 2012, S. 1478) geändert worden ist.

²⁵⁵ Hierzu grundlegend BVerfG, Urteil v. 15.12.1983 – 1 BvR 209/83 = NJW 1984, 419 („Volkszählungsurteil“).

wenn sie im überwiegenden Allgemeininteresse und aufgrund eines Gesetzes erfolgen.²⁵⁶ Neben dem abwehrrechtlichen Gehalt enthält das Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung auch die objektiv-rechtliche Gewährleistung, den Einzelnen vor dem Eingriff privater Dritter in dessen Zuweisungsgehalt zu schützen und die Nutzung des Grundrechts zu fördern.²⁵⁷ Das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) spricht insoweit teilweise von einem Recht auf Datenschutz.²⁵⁸

Bundesdatenschutzgesetz

Persönlicher Anwendungsbereich

Das BDSG²⁵⁹ ist in seinem persönlichen Anwendungsbereich gem. § 3 Abs. 1 BDSG grundsätzlich auf natürliche Personen beschränkt. Unter gewissen Umständen können jedoch auch juristische Personen in den Anwendungsbereich des BDSG gelangen (VG Wiesbaden, NVwZ-RR 2008, 617; Weichert 2014b, Rn. 52).

Normadressat

Das BDSG trifft gemäß § 1 Abs. 2 BDSG sowohl Regelungen für die öffentlichen Stellen des Bundes als auch für sämtliche nicht-öffentliche Stellen. Nicht-öffentliche Stellen sind natürliche und juristische Personen, Gesellschaften und andere Personenvereinigungen des privaten Rechts, vgl. § 2 Abs. 4 BDSG. Öffentliche Stellen des Bundes sind die Behörden, die Organe der Rechtspflege und andere öffentlich-rechtlich organisierte Einrichtungen des Bundes, der bundesunmittelbaren Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts sowie deren Vereinigungen ungeachtet ihrer Rechtsform, § 2 Abs. 2 S. 1 BDSG.

Sachlicher Anwendungsbereich

Das BDSG gilt gemäß § 1 Abs. 2 BDSG für die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten. Zur Prüfung des sachlichen Anwendungsbereichs, ist im Folgenden näher auf die einzelnen Tatbestandsmerkmale einzugehen.

Personenbezogenheit der Daten

Das BDSG ist nur anwendbar, soweit es sich um sog. personenbezogene Daten handelt. Gemäß § 3 Abs. 1 BDSG sind darunter Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbaren natürlichen Person, dem Betroffenen, zu verstehen. Persönliche oder sachliche Verhältnisse sind Informationen über die Person des Betroffenen oder über einen auf diesen bezogenen Sachverhalt (Weichert 2014a, Rn. 19). Die von der Fahrzeugsensorik aufgezeichneten Daten, wie Standort des Fahrzeugs, Identifikationsnummer, Geschwindigkeit und Uhrzeit ermöglichen die genaue Ortung eines identifizierten Fahrzeugs zu einem gewissen Zeitpunkt und die Erstellung eines Bewegungsprofils. Diese Informationen alleine geben zunächst jedoch lediglich Auskunft über den Standort und die Bewegungen eines Fahrzeugs. Wer Halter dieses Fahrzeugs ist oder wer Fahrer des Fahrzeugs ist, lässt sich allein unter Verwendung dieser Informationen noch nicht herausfinden. Insofern handelt es sich bei den Daten wohl auch nicht um personenbestimmende Daten. Personenbestimmbare Daten liegen vor, wenn die Person zwar nicht durch diese

²⁵⁶ BVerfG, U. v. 15.12.1983 - 1 BvR 209/83 = NJW 1984, 419, Erwägungsgrund 2.

²⁵⁷ Vgl. BVerfG, Beschluss vom 23.10.2006 – 1 BvR 2027/02, Rn. 30.

²⁵⁸ BVerfG, Beschluss vom 13-12.1994 - 2 BvR 894/94 = NJW 1995, 2839 (2840).

²⁵⁹ Bundesdatenschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Januar 2003 (BGBl. I 2003, S. 66), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 25. Februar 2015 (BGBl. I 2015, S. 162) geändert worden ist.

Informationen selbst identifiziert werden kann, aber doch durch zusätzliche Kenntnisse zuordenbar ist (Weichert 2014a, Rn. 13). Ob eine Information personenbeziehbar ist oder nicht, lässt sich nicht aus der Angabe allein ableiten, sondern hängt von jeweils möglichem Zusatzwissen ab (Roßnagel 2006, 281). Wenn über die Einbeziehung dieses Zusatzwissens eine Person bestimmbar ist, so kann dies das Recht auf informationelle Selbstbestimmung dieser Person beeinträchtigen und so den Anwendungsbereich des BDSG eröffnen. Das Gesetz verwendet die Begriffe „bestimmbar“ und „anonym“ komplementär, die Begriffe schließen sich daher gegenseitig aus (Dammann 2011, Rn. 23). Können Angaben ohne unverhältnismäßigen Aufwand einer Person zugeordnet werden, liegt Bestimmbarkeit vor, vgl. § 3 Abs. 6 BDSG. Insofern kann beispielsweise über GPS-Koordinaten der Nutzer eines Fahrzeugs ermittelt werden, indem die regelmäßige Position des Fahrzeugs dem Wohn- oder Arbeitsort dieser Person zugeordnet werden kann (Dammann 2011, Rn. 69). Die vom Fahrzeug erhobenen Daten können somit ein Stück Persönlichkeit eines Einzelnen widerspiegeln. Keine personenbezogenen Daten sind Daten, die Verhältnisse betreffen, die keinen Bezug zu einer einzelnen Person haben. Dies können z.B. Daten über Zustände und Verhältnisse sein.²⁶⁰

Als nicht personenbezogen gelten auch anonyme Daten. Anonymisieren ist gem. § 3 Abs. 6 BDSG das Verändern personenbezogener Daten derart, dass die Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse nicht mehr oder nur mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand an Zeit, Kosten und Arbeitskraft einer bestimmten oder bestimmaren natürlichen Person zugeordnet werden können. Erfolgt die Datenweitergabe anonym, fallen auch Anwendungen und Dienste aus dem Anwendungsbereich des Datenschutzrechts heraus, die anonyme Daten verwenden. Daten, die Verhältnisse einer Person betreffen, sind dann anonym, wenn die Wahrscheinlichkeit, sie einer Person zuordnen zu können, so gering ist, dass sie nach der Lebenserfahrung oder dem Stand der Wissenschaft praktisch ausscheidet. (BVerfG, NJW 1987, 2807; NJW 1988, 963.)

Ebenfalls keine personenbezogenen Daten sind pseudonyme Daten. Pseudonymisieren ist gem. § 3 Abs. 6a BDSG das Ersetzen des Namens und anderer Identifikationsmerkmale durch ein Kennzeichen zu dem Zweck, die Bestimmung des Betroffenen auszuschließen oder wesentlich zu erschweren. Hier wird für den Betroffenen ein Kennzeichen benutzt, durch das die Wahrscheinlichkeit, dass Daten ihm zugeordnet werden, so gering ist, dass sie ohne Kenntnis der jeweiligen Zuordnungsregel zwischen Kennzeichen und Person nach der Lebenserfahrung oder dem Stand der Wissenschaft ausscheidet. Bei der Pseudonymität ist zwischen den Personen, die die Zuordnungsregel kennen und denen, die sie nicht kennen zu unterscheiden. Pseudonyme Daten sind für den Kenner der Zuordnungsregel personenbeziehbar, für allen anderen sind sie anonyme Daten (Roßnagel 2006, 282).

Datenerhebung

Gem. § 3 Abs. 3 BDSG ist Erheben das „Beschaffen von Daten über den Betroffenen“. Die Art und Weise der Beschaffung spielt dabei keine Rolle. Insofern ist die Gesamtheit der vom Fahrzeug erfassten Daten, die die Möglichkeit zur Lokalisierung des Fahrzeugs dienen als ein Erheben dieser Daten zu qualifizieren. Da die Erhebung selbständig neben der Speicherung steht, ist es dabei irrelevant, ob das Beschaffen in eine Speicherung der beschafften Daten mündet (Dammann 2011, Rn. 106).

Datenverarbeitung

§ 3 Abs. 4 BDSG enthält Begriffsbestimmungen zu den im Begriff „Verarbeiten“ zusammengefassten Verarbeitungsphasen. Verarbeiten ist danach das Speichern,

²⁶⁰ In Betracht kommen hier z.B. Wetterentwicklungen, Verkehrszeichen und Hindernisse.

Verändern²⁶¹, Übermitteln, Sperren²⁶² und Löschen²⁶³ personenbezogener Daten. Relevant für das hochautomatisierte Fahren dürften hier nur die Begriffe des Speicherns und des Übermittels sein. Speichern ist das Erfassen, Aufnehmen oder Aufbewahren personenbezogener Daten auf einem Datenträger zum Zwecke ihrer weiteren Verarbeitung oder Nutzung, § 3 Abs. 4 S. 2 Nr. 1 BDSG. Übermitteln ist das Bekanntgeben gespeicherter oder durch Datenverarbeitung gewonnener personenbezogener Daten an einen Dritten in der Weise, dass die Daten an den Dritten weitergegeben werden oder der Dritte zur Einsicht oder zum Abruf bereit gehaltene Daten einsieht oder abrufft, § 3 Abs. 4 S. 2 Nr. 3 BDSG. Dritter kann hier jede Person oder Stelle außerhalb der verantwortlichen Stelle sein.

Datennutzung

Jede Verwendung personenbezogener Daten, soweit es sich nicht um Verarbeitung handelt, ist eine Datennutzung (§ 3 Abs. 5 BDSG). Es handelt sich hier um einen Auffangtatbestand, wenn keine andere Verarbeitungsform der Daten gegeben ist.

Grundsätze des Datenschutzrechts

Die Anforderungen, die das Datenschutzrecht an die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung von Daten die im Zusammenhang mit der Hochautomatisierung stellt, können vereinfacht auf sieben Grundsätze reduziert werden: Rechtmäßigkeit, Einwilligung, Zweckbindung, Erforderlichkeit, Transparenz, Datensicherheit und Kontrolle (Bizer 2007, S. 350ff.).

Rechtmäßigkeit

Eine der Grundlagen einer freiheitlichen Rechtsordnung ist es, dass alles erlaubt ist, was nicht durch ein Gesetz oder aufgrund eines Gesetzes verboten ist (allgemeine Handlungsfreiheit, Art. 2 Abs. 1 GG). Um einen effektiven Schutz des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung zu gewährleisten, dreht das BDSG dieses Regel-Ausnahme-Verhältnis jedoch um. Die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten wird zunächst allgemein verboten. Sie soll nur dann erlaubt sein, wenn das BDSG selbst oder eine andere Rechtsvorschrift sie erlaubt oder der Betroffene einwilligt (präventives Verbot mit Erlaubnisvorbehalt), § 4 Abs. 1 BDSG. Besondere Bedeutung im Privatrechtsverkehr, wie beispielsweise bei Mehrwertdiensten wie personalisierter Werbung oder dergleichen, hat die rechtliche Grundlage, die § 28 Abs. 1 Nr. 1 BDSG für den Umgang mit personenbezogenen Daten eröffnet. Dieser Umgang ist zulässig, „wenn es für die Begründung, Durchführung oder Beendigung eines rechtsgeschäftlichen oder rechtsgeschäftsähnlichen Schuldverhältnisses mit dem Betroffenen erforderlich ist“. Erfasst ist damit ein Großteil des üblichen Datenumgangs im Zusammenhang mit der Begründung und Abwicklung von Verträgen. Die vertragliche Regelung des Umgangs mit personenbezogenen Daten ist eine Form der Einwilligung und an deren Form gebunden.

Einwilligung

Personenbezogene Daten dürfen grundsätzlich nur mit der Einwilligung des Betroffenen erhoben, verarbeitet oder übermittelt werden, vgl. § 4 Abs. 1 a.E. BDSG. Das Recht auf informationelle Selbstbestimmung gewährleistet die Befugnis des Einzelnen, grundsätzlich selbst in freier Entscheidung über die Preisgabe und Verwendung seiner persönlichen Daten zu bestimmen (Polenz 2012, Rn. 5). Soweit der

²⁶¹ Verändern ist das inhaltliche Umgestalten gespeicherter personenbezogener Daten.

²⁶² Sperren ist das Kennzeichnen gespeicherter personenbezogener Daten, um ihre weitere Verarbeitung oder Nutzung einzuschränken.

²⁶³ Löschen ist das Unkenntlichmachen gespeicherter personenbezogener Daten.

Einzelne frei von Zwang oder Druck in die Erhebung, Verarbeitung oder Übermittlung seiner Daten einwilligt, ist dieses Selbstbestimmungsrecht nicht berührt. Ein Umgang mit personenbezogenen Daten ohne oder gegen den Willen des Betroffenen stellt daher stets einen rechtfertigungsbedürftigen Eingriff in dessen Recht auf informationelle Selbstbestimmung dar. Es bedarf daher einer gesonderten gesetzlichen Grundlage, § 4 Abs. 1 BDSG. Diese Ermächtigungsgrundlage muss im Lichte des Grundrechts verhältnismäßig sein.

Da der Betroffene in freier Entscheidung über die Preisgabe und Verwendung seiner Daten bestimmen können soll, ist Grundvoraussetzung der Einwilligung eine angemessene Aufklärung darüber, was die Einwilligung zum Gegenstand und welche Folgen sie für den Einwilligenden hat. Werden mehrere Einwilligungserklärungen gleichzeitig abgegeben, muss dem Betroffenen durch entsprechende Hervorhebung bzw. Kenntlichmachung deutlich vor Augen geführt werden, dass er hier auch in die Verwendung seiner personenbezogenen Daten einwilligt. Zum Schutz des Einwilligenden und zur Schaffung einer Kontrollmöglichkeit bedarf sie grundsätzlich der Schriftform, § 4a Abs. 1 BDSG.

Da die Einwilligung freiwillig erfolgen muss, darf insbesondere bei der Datenverarbeitung durch nicht-öffentliche Stellen nicht der Eindruck durch Druckausübung dahingehend erzeugt werden, dass Leistungen, auf die der Betroffene einen Anspruch hat, erst erbracht werden, wenn er in die Erhebung, Verarbeitung oder Übermittlung von personenbezogenen Daten einwilligt (Kopplungsverbot), § 28 Abs. 3b BDSG.

Dem Einwilligenden muss die Möglichkeit gegeben werden, eine einmal gegebene Einwilligung widerrufen und einer konkreten Datenverwendung widersprechen zu können, § 28 Abs. 4 BDSG. Widerruf und Widerspruch wirken nur für den zukünftigen Umgang mit personenbezogenen Daten und etablieren auch kein Rückholrecht für in der Vergangenheit rechtmäßig an andere Stellen übermittelte Daten.

Zweckbindung

Eine Verarbeitung von Daten darf nur erfolgen, soweit dies für die gesetzlich geregelten Zwecke erforderlich ist. Zum Beispiel dürfen Abrechnungsdaten im Privatrechtsverkehr demgemäß nur für die Erstellung der Abrechnung verwendet werden. Die verantwortliche Stelle muss den Verwendungszweck der Daten bereits bei der Erhebung festlegen. Bei dieser Erhebung sind die Zwecke, für die die Daten verarbeitet oder genutzt werden sollen, gemäß § 28 Abs. 1 Satz 2 BDSG konkret festzulegen. Das Erfordernis der konkreten Festlegung beinhaltet zum einen die Angabe, welcher Zweck das für die Verarbeitung erforderliche berechtigte Interesse begründet. Zum anderen beinhaltet es die schriftliche Dokumentation der vorgegebenen Zweckbestimmung (Gola/Schomerus 2010a, Rn. 35).

Erforderlichkeit und Datensparsamkeit

Gemäß § 3a BDSG sind die Datenverarbeitungsprozesse so zu gestalten, dass möglichst wenig personenbezogene Daten erhoben werden. Datenvermeidung bedeutet hier allerdings nicht die Vermeidung von Daten als solche, sondern nur die Vermeidung des Personenbezugs der Daten (Scholz 2011, Rn. 32). Der Grundsatz der Erforderlichkeit besagt, dass keine überflüssigen personenbezogenen Daten erhoben, verwendet oder genutzt werden dürfen. Die verantwortliche Stelle soll nur so viele personenbezogene Daten verarbeiten dürfen, wie es für den mit dem Betroffenen vereinbarten oder im Gesetz erlaubten Verwendungszweck notwendig ist (Bizer 2007, S. 353). In der Regel ist hier zwischen den Interessen des schutzwürdigen Betroffenen und der datenverarbeitenden bzw. -weiterleitenden Stelle abzuwägen.

Das BDSG nimmt in § 32 Abs. 1 BDSG ausdrücklich auf die Erforderlichkeit als Tatbestandsmerkmal Bezug. Soweit nach dem Verwendungszweck möglich, sind personenbezogene Daten zu anonymisieren, zu pseudonymisieren oder zu aggregieren. Zur Vermeidung einer Vorratsdatenspeicherung sind angemessene Löschrufen für die Daten vorzusehen. Eine solche Löschrufen ist nur dann angemessen, wenn die Daten

nicht länger als zwingend nötig gespeichert werden. Die genaue Zeit lässt sich nur anhand des konkreten Falls ermitteln.

Transparenz

Zur Gewährleistung des informationellen Selbstbestimmungsrechts und der Möglichkeit die auf Vertraulichkeit und Integrität informationstechnischer Systeme ruhenden Verfahrensrechte geltend machen zu können, müssen Betroffene möglichst weitgehend Einblick in die Vorgänge der Datenerhebung, -verarbeitung und -nutzung haben und grundsätzlich die Möglichkeit haben, zu verstehen, was, wann, wie uns zu welchem Zweck mit ihren personenbezogenen Daten geschieht.

Der Letztverbraucher muss zu jeder Zeit über die Verwendung der erhobenen personenbezogenen Daten und die Verwendungszwecke informiert sein.

Kommunikationsvorgänge und Verarbeitungsschritte müssen daher zu jeder Zeit sichtbar und die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Bestimmungen nachweisbar sein. Der Betroffene ist daher gem. § 4 Abs.3 BDSG über die Identität der verantwortlichen datenerhebenden Stelle und die Zweckbestimmung zu unterrichten. Weiterhin müssen durchsetzbare Ansprüche auf Löschung, Berichtigung und Widerspruch für die Betroffenen bestehen.

Datensicherheit

Datensicherheit bedeutet, dass ein unzulässiger Umgang mit den Daten durch organisatorische und technische Maßnahmen verhindert werden muss. Sichergestellt werden muss die Verfügbarkeit, Integrität, Vertraulichkeit, Transparenz und Nichtverkettbarkeit der Daten.²⁶⁴ Die datenübermittelnden Komponenten im Fahrzeug sollen insbesondere vor Zugriffen von außen geschützt sein. Gegenüber Dritten muss die Vertraulichkeit insbesondere durch eine angemessene Verschlüsselung der Daten auf dem aktuellen Stand der Technik gewährleistet werden. Eine Übermittlung an oder ein Zugriff von unbefugten Dritten muss durch Zugriffskontrollmechanismen, Zugriffsprotokollierungen und vergleichbare Schutzmaßnahmen soweit gewährleistet werden, wie dies bei einer Erhaltung einer angemessenen Schnelligkeit und Effektivität der Datennutzungsprozesse möglich ist.

Ziel sollte ein hoher technischer Schutzstandard sein, der insbesondere dadurch erreicht werden kann, dass nur ein minimierter Zugriff auf die Daten erlaubt ist, alle beteiligten Akteure die Schutzstandards erfüllen und eine sichere Löschung der Daten am Ende der Nutzung erfolgt.

Im Zusammenhang mit komplexeren Datenerhebungs- oder Datenverarbeitungsprozessen ein Aspekt der Datensicherheit von enormer Bedeutung, der eng mit der Zweckbindung der Daten zusammenhängt, ist das Gebot der Datentrennung. Die automatisierte Datenverarbeitung soll so organisiert sein, dass bei der Verarbeitung, die Trennung der Daten nach den jeweils verfolgten Zwecken und nach unterschiedlichen Betroffenen möglich ist. Dabei wird eine räumliche Trennung der Daten derart, dass sie auf unterschiedlichen Datenträgern gespeichert werden müssen, jedoch nicht verlangt (Gola/Schomerus 2010b, Rn. 29).

Kontrolle

Trotz des oben beschriebenen Transparenzgebots verläuft der Umgang mit personenbezogenen Daten für den Betroffenen oftmals unsichtbar und ist für diesen schwer kontrollierbar, sodass zusätzlicher institutioneller Schutz zur Effektivierung des Grundrechts unentbehrlich ist. Gemäß § 4f BDSG muss von Stellen, die personenbezogene Daten automatisiert verarbeiten unter gewissen Voraussetzungen

²⁶⁴ Dies sind die Schutzziele, die im Rahmen des § 9 BDSG zu beachten sind.

ein Beauftragter für den Datenschutz schriftlich bestellt werden. Nicht-öffentliche Stellen müssen dies spätestens einen Monat nach Aufnahme ihrer Tätigkeit tun. Ausgenommen sind allerdings Betriebe, in denen höchstens neun Personen mit der Datenverarbeitung beschäftigt sind. Darüber hinaus findet eine staatliche Kontrolle durch Aufsichtsbehörden gemäß § 38 Abs. 1 Satz 1 BDSG statt. Die Aufsichtsbehörde kontrolliert die Ausführung des BDSG sowie anderer Vorschriften über den Datenschutz. Sie berät und unterstützt den Beauftragten für den Datenschutz und die verantwortlichen Stellen mit Rücksicht auf deren typische Bedürfnisse.

Interviews

Für die vorliegende Studie wurden im Zeitraum vom 31. März bis 23. Juli 2015 größtenteils telefonisch, in Einzelfällen auch persönlich in Summe 22 Interviews geführt. Die Gespräche, die jeweils zwischen 30 und 60 Minuten dauerten, wurden zu Dokumentationszwecken aufgezeichnet, wörtlich transkribiert und anschließend inhaltlich kategorisiert und ausgewertet. Als Grundlage für die Gespräche diente ein strukturierter Leitfaden, der je nach Funktionshintergrund des interviewten Experten inhaltlich angepasst wurde. Die Auswahl der Experten wurde mit der Intention vorgenommen, aus den verschiedenen, für das Erkenntnisinteresse der Studie als relevant erachteten Fachrichtungen (technische Entwicklung, Marktentwicklung, Gestaltung des Rechtsrahmens) ein möglichst umfassendes Bild von den künftigen Entwicklungen zu erhalten. Das große Interesse der Interviewpartner an der Forschungsfrage führte zu einer offenen Gesprächssituation und eröffnete, über die definierten Schwerpunkte hinaus, zahlreiche ergänzende Informationen über das besprochene Thema. Im Folgenden findet sich eine kurze Vorstellung zu den befragten Experten, die aufgrund der zugesicherten Anonymisierung abstrakt gehalten wird.

OEM: Eine wichtige Zielgruppe für die geführten Experteninterviews waren Angestellte mit hauptsächlich technischem Hintergrund der Automobilhersteller. Befragt wurden 6 Mitarbeiter verschiedener deutscher Hersteller, die in den Funktionsbereichen Forschung, (Vor-) Entwicklung, Zertifizierung und Political Affairs für Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren in führender Position tätig sind.

Zulieferer: Ebenso stark vertreten unter den befragten Personen waren Mitarbeiter größere Tier-1 und Tier-2 Zulieferer sowie Ingenieursdienstleistern, die sich beruflich mit den Themen Automatisierung und Vernetzung befassen. Für die vorliegende Studie wurden 7 Personen aus den Bereichen Produktmarketing, Funktionsentwicklung, Forschung und Konzernstrategie interviewt. Hierbei wurden sowohl technische Experten als auch leitende Angestellte mit strategischer und personeller Verantwortung befragt.

IT: Da bei den Themen Automatisierung und Vernetzung auch die branchenexterne Perspektive eine wichtige Rolle spielt, wurden weiterhin 3 Mitarbeiter von IT-Unternehmen interviewt, die für die Automotive-Aktivitäten in den jeweiligen Firmen verantwortlich sind. Hierzu zählen einerseits Unternehmen, die der Telekommunikationsbranche angehören, als auch Cloud-Anbieter, Big-Data Analysten und Infrastrukturanbieter.

Branchenexperten: Schließlich finden sich in der Kategorie „Branchenexperten“ diejenigen Interviewpartner, die keinem der oben genannten Bereiche eindeutig zuzuordnen sind, jedoch aufgrund ihrer Tätigkeit über ein spezielles Branchenwissen verfügen. Hierzu gehören Mitarbeiter großer Beratungsfirmen, Autoren von Branchenstudien sowie Vertreter von Verbänden oder Organisationen der Politikberatung. In Summe wurden von dieser Kategorie 6 Mitarbeiter interviewt.

Automatisiertes Fahren gilt neben der Elektromobilität und der Vernetzung der Fahrzeuge als wesentlicher Treiber für technische Innovationen und Wertschöpfung in der Automobilindustrie. Die technische Entwicklung schreitet sehr schnell voran. Die sich stark erhöhende Marktdurchdringung von Advanced Driver Assistant Systems (ADAS) und teilautomatisierten Fahrzeugen sowie die in den nächsten Jahren erwartete schrittweise Einführung des hochautomatisierten Fahrens werfen dabei zahlreiche industriepolitische Fragen auf. Neben der Analyse der technischen und rechtlichen Reife und daraus abgeleiteten Handlungsprioritäten für Industrie und Politik stehen folgende Leitfragen im Mittelpunkt des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie beauftragten Gutachtens:

- Welche Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale ergeben sich für den Standort Deutschland?
- Welche Rahmenbedingungen sind notwendig, damit sich Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen entwickeln kann?

Das Gutachten zeigt, dass (hoch-)automatisiertes Fahren enormes Potenzial für den Wirtschaftsstandort Deutschland und die Reduzierung der externen Kosten des MIV birgt. Andererseits wird aufgrund von neuen Wettbewerbern und der industriepolitischen Aktivität in den Wettbewerbsländern ein massiver Konkurrenzdruck für den Automobilstandort Deutschland erwartet.