

Strukturwandel in der Automobilindustrie:
Wandel der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie
durch Elektromobilität

Vom Fachbereich Sozialwissenschaften
der Technischen Universität Kaiserslautern
zur Verleihung des akademischen Grades
Doktor der Philosophie (Dr. phil.)
genehmigte

Dissertation

vorgelegt von

Ingrid Kleinert
aus Braunschweig

Tag der mündlichen Prüfung:	30.11.2016
Dekanin:	Prof. Dr. Shanley E.M. Allen
Vorsitzender:	Prof. Dr. Marcus Höreth
Gutachter:	1. Prof. Dr. Hajo Weber 2. Prof. Dr. Ulrich Jürgens

D 386

(2017)

Danksagung

Die Unterstützung vieler Menschen hat es mir ermöglicht, diese Arbeit zu erstellen: Familie, Freunde und Arbeitskollegen, bei denen ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken möchte.

Allen voran danke ich Prof. Dr. Hajo Weber für die Betreuung der Arbeit, auch über seine aktive Zeit in Kaiserslautern hinaus, und die anregenden Diskussionen. Fachlicher Input kam außerdem von meinen Kollegen Daniel Kerpen und Christiane Heimann: herzlichen Dank dafür. Für ihre Unterstützung bei der Datensammlung und Recherchen danke ich Manuela Schön und Dorothea Nix.

Des Weiteren danke ich meinen Kollegen vom InnoZ in Berlin für ihre Unterstützung in den letzten Jahren und neue Perspektiven, vor allem Anke Schmidt, Enrico Howe, Josephine Steiner, Andreas Graff, Sarah Wutz, Jens Albrecht, Aljoscha Nick und Levent Toprak.

An letzter und wichtigster Stelle bedanke ich mich bei meinem Lebensgefährten Markus für die liebevolle und geduldige Begleitung während der gesamten Promotionszeit, bei meinen Eltern und meiner Schwester dafür, dass sie immer für mich da sind, und bei meiner Tochter Linda einfach dafür, dass sie mich glücklich macht.

Gliederung der Arbeit

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1.	Einleitung	S. 1
1.1.	Fragestellung und Untersuchungsziele	S. 3
1.2.	Aufbau der Arbeit	S. 6
2.	Theoretische Grundlagen des Strukturwandels von Innovationssystemen	S. 10
2.1.	Innovation und Innovationsprozesse	S. 14
2.1.1.	Der Begriff „Innovation“	S. 14
2.1.2.	Konzeption von Innovationsprozessen	S. 16
2.1.3.	Innovationstypen	S. 18
2.1.4.	Reichweite von Innovationen	S. 20
2.2.	Innovationssysteme	S. 22
2.2.1.	Innovationen als Systemleistung	S. 23
2.2.2.	Konzepte von Innovationssystemen	S. 26
2.2.3.	Das Triple-Helix-Modell	S. 35
2.3.	Strukturwandel von Innovationssystemen	S. 38
2.3.1.	Innovationssysteme als soziale Systeme	S. 41
2.3.2.	Strukturwandel sozialer Systeme	S. 49
2.3.3.	Koevolution von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik	S.55
2.4.	Zwischenfazit: Strukturwandel der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie	S. 61
2.4.1.	Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen	S. 61
2.4.2.	Ableitung von Hypothesen und Fragestellungen	S. 69
2.4.3.	Methodisches Vorgehen	S. 74
3.	Die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie und die Einführung von Elektromobilität	S. 78
3.1.	Akteure, Charakteristika und Entwicklung der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie	S. 80
3.1.1.	Akteure und Entwicklung der Wirtschaft: Automobilhersteller, Zulieferer und der Automobilmarkt	S. 81
3.1.2.	Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise	S. 93

3.1.3. Weitere Akteure der Innovationssysteme: Akteure aus Wissenschaft und Politik	S. 101
3.2. Wandel der Innovationsdynamik: Klimawandel und Ressourcenverknappung als Auslöser alternativer Antriebskonzepte	S. 112
3.2.1. Anthropogener Klimawandel und der Anteil des Pkw-Verkehrs	S. 113
3.2.2. Ressourcenverknappung und die Ölabhängigkeit des Pkw-Verkehrs	S. 115
3.2.3. Politische Maßnahmen zur CO2-Reduktion und Verringerung der Ölabhängigkeit	S. 118
3.3. Die Einführung von Elektromobilität	S. 123
3.3.1. Diversifizierungen und Elektrifizierung des automobilen Antriebssystems	S. 124
3.3.2. Der Hype der Elektromobilität und die Reaktionen in Deutschland	S. 134
3.3.3. Status quo der Elektromobilität	S. 142
4. Strukturwandel durch Elektromobilität	S. 148
4.1. Strukturwandel in der Wirtschaft: Veränderungen in der automobilen Wertschöpfungskette	S. 151
4.1.1. Die elektromobile Wertschöpfungskette	S. 152
4.1.2. Wandel der Kooperationsstrukturen im Wirtschaftssystem	S. 166
4.1.3. Andere Energiequellen – neue Infrastrukturen: Die Zusammenarbeit mit der Energiewirtschaft und Ladeinfrastrukturbetreibern	S. 178
4.1.4. Geschäftsmodelle für Elektromobilität: Anpassung der Nutzung und Suche nach innovativen Vertriebskonzepten	S. 191
4.2. Strukturwandel in der Wissenschaft: Differenzierung der wissenschaftlichen Forschung und Lehre	S. 200
4.2.1. Bündelung der Aktivitäten in Forschungszentren und Studiengängen	S. 202
4.2.2. Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft	S. 210
4.3. Strukturwandel in den Innovationssystemen: Wandel der Beziehungen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik	S. 217
4.3.1. Politische Förderung von Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft	S. 219
4.3.2. Triple-Helix-Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik	S. 238
5. Fazit: Folgen von Elektromobilität für die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie	S. 268
5.1. Zunehmende Komplexität der Innovationssysteme und Strategien zu Reintegration	S. 274
5.2. Beschleunigung der Innovationsprozesse und Strategien zu deren Bewältigung	S. 283
5.3. Empfehlungen zum Umgang mit Strukturwandel durch Elektromobilität in den verschiedenen Systemen	S. 288

Literaturverzeichnis	S. 295
Anhang	
Anhang A: Auswirkungen der Krise auf Zulieferer, Handel, Werkstätten und Autovermietung	S. 335
Anhang B: Neue Kooperationen in der deutschen Automobilindustrie	S. 340
Anhang C: Neue Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft	S. 344
Anhang D: Beispiele für Forschungsk Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft entlang der elektromobilen Wertschöpfungskette	S. 350
Anhang E: Modellregionen Elektromobilität	S. 356
Anhang F: Schaufenster für Elektromobilität	S.359
Anhang G: Übersicht über Triple-Helix-Kooperationen in den Modellregionen und Schaufenstern	S. 360
Lebenslauf	S. 371

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Merkmale der Funktionssysteme Politik, Wirtschaft und Wissenschaft nach Luhmann	S. 44
Tabelle 2.2: Zusammenfassung der verschiedenen Konzepte von Innovationssystemen	S. 64-65
Tabelle 3.1: 22 deutsche Zulieferer unter den 100 umsatzstärksten Automobilzulieferern weltweit	S. 83
Tabelle 3.2: Produktionsstätten der deutschen OEM in Asien, Südamerika und Russland	S. 87
Tabelle 3.3: Kennzahlen der deutschen Automobilkonzerne 2006-2011	S. 97
Tabelle 3.4: Marktübersicht Elektroautos 2013: Welche Elektroautos kann ich in 2013 kaufen?	S. 144
Tabelle 4.1: Darstellung der elektromobilen Wertschöpfungskette	S. 156
Tabelle 4.2: Aktivitäten von EnBW in Ladeinfrastruktur-Projekten	S. 181
Tabelle 4.3: Aktivitäten von RWE in Ladeinfrastruktur-Projekten	S. 182
Tabelle 4.4: Aktivitäten von Vattenfall in Ladeinfrastruktur-Projekten	S. 183
Tabelle 4.5: Aktivitäten von E.ON in Ladeinfrastruktur-Projekten	S. 183
Tabelle 4.6: Aktivitäten lokaler Energieversorger in Ladeinfrastruktur-Projekten	S. 184-186
Tabelle 4.7: Carsharing-Angebote mit Elektroautos	S. 194-195
Tabelle 4.8: Elektroautos in gewerblichen Flotten	S. 195-197

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Wertschöpfungspyramide der Automobilindustrie	S. 91
Abbildung 3.2: Bestand an Pkw nach Kraftstoffarten in Deutschland	S.125
Abbildung 3.3: Antriebsstrategie deutscher Automobilhersteller	S. 131
Abbildung 4.1: Vergleich herkömmliche und elektromobile Wertschöpfungskette	S. 155
Abbildung 4.2: Beispiele für Lieferbeziehungen in der elektromobilen Wertschöpfungskette	S. 161
Abbildung 4.3: Etablierte und neue Akteure der innovationssysteme	S. 242

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
ABWL	Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre (Universität Duisburg-Essen)
AC/DC	Wechselstrom/ Gleichstrom (englisch: alternating current/ direct current)
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
AG	Aktiengesellschaft
AIP	Institut für Automobilwirtschaft und Industrielle Produktion (TU Braunschweig)
AIT	Austrian Institute of Technology GmbH
AL-KO	Alois Kober GmbH
App(s)	Applikation(en)
Art.	Article
Aufl.	Auflage
Ausg.	Ausgabe(n)
AÜW	Allgäuer Überlandwerk
AVV	Aachener Verkehrsverbund GmbH
AZD	Alternative Zustelldienste GmbH
BAIC	Beijing Automotive Industry Holding Corporation Limited
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
Bd.	Band
BEI	Bremer Energie Institut
BEM	Bundesverband eMobilität e.V.
BEV	Batterieelektrische Fahrzeug(e) (englisch: battery electric vehicle(s))
BIBA	Bremer Institut für Produktion und Logistik
BIK	Institut für integrierte Produktentwicklung (Universität Bremen)
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, vormals Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

BOGESTRA	Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen AG
BPCE	BMW Peugeot Citroën Electrification
BRIC-Länder	Zusammenfassende Bezeichnung für die Länder Brasilien, Russland, Indien und China
BSM	Bundesverband Solare Mobilität e.V.
bspw.	beispielsweise
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe
BW	Baden-Württemberg
BWL	Betriebswirtschaftslehre
BYD	Build Your Dreams (chinesisches Unternehmen)
bzw.	beziehungsweise
C	Celsius
ca.	circa
CAR	Center of Automotive Research (Universität Duisburg-Essen)
CASE	Center for Social and Economic Research (polnisches Institut)
CCS	Combined Charging System
CFK	Carbonfaserverstärkter Kunststoff
Co. KG	Compagnie Kommanditgesellschaft
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
Corp.	Corporation
CRIE	Centre for Regional and Innovation Economics
C _x H _x	Kohlenwasserstoff
DAI-Labor	Distributed Artificial Intelligence Laboratory (TU Berlin)
DAT	Deutsche Automobil Treuhand GmbH
DB	Deutsche Bahn
Destatis	(Deutsches) Statistisches Bundesamt
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
DFM	Dongfeng Motor Corporation
d. h.	das heißt
DHBW	Duale Hochschule Baden-Württemberg
dies.	dieselben
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
Diss	Dissertation
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DJH	Deutsche Jugendherbergswerk
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

DPD	Dynamic Parcel Distribution
DTU	Technische Universität Dänemark
e. A.	eigene Anmerkung
EADS	European Aeronautic Defence and Space Company
EAM	Energie aus der Mitte (kommunaler Energieversorger, Göttingen)
ebda.	ebenda
EBS	European Business School
ED	Electric Drive
EDF	Electricité de France (französischer Energiekonzern)
EES	Lehrstuhl für Elektrische Energiespeichertechnik (TUM)
EFI	Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik (TH Nürnberg)
EIFER	European Institute for Energy Research
EK	Europäische Kommission
eLab	Elektromobilitätslabor (Einrichtung der RWTH Aachen)
EME	Energy, Mobility and Environment (Forschungsbereich der RWTH Aachen)
ERL	Electronics Research Lab
ESEA	Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe (TU Wien)
et al.	und andere (lateinisch: et alii/ et aliae)
etc.	und so weiter (lateinisch: et cetera)
ETG	Entsorgung + Transport GmbH
ETH Zürich	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Etz	Elektro Technologie Zentrum Stuttgart
EU	Europäische Union
e.V.	eingetragener Verein
EV	Elektrofahrzeug(e) (englisch: electric vehicle(s))
EVAG	Essener Verkehrs-AG
EVO	Energieversorgung Oberhausen
f., ff.	folgende, [und] die folgenden
FAST	Future Automotive Industry Structure
FAST (KIT)	Institut für Fahrzeugsystemtechnik (KIT)
FAW	First Automotive Works (chinesischer OEM)
FAZ	Frankfurter Allgemeine Zeitung
FBH	Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik
FfE	Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.
FH	Fachhochschule

FKA	Forschungsgesellschaft Kraftfahrtwesen mbH Aachen
Fraunhofer EMI	Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut
Fraunhofer ESK	Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik
Fraunhofer FOKUS	Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme
Fraunhofer IAF	Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik
Fraunhofer IAO	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
Fraunhofer ICT	Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
Fraunhofer IDMT	Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie
Fraunhofer IESE	Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering
Fraunhofer IFAM	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung
Fraunhofer IFF	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung
Fraunhofer IIS	Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen
Fraunhofer IISB	Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelemente-technologie
Fraunhofer IKTS	Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme
Fraunhofer ILT	Fraunhofer-Institut für Lasertechnik
Fraunhofer IML	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
Fraunhofer IOSB	Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung
Fraunhofer IPA	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
Fraunhofer IPM	Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik
Fraunhofer IPK	Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik
Fraunhofer IPT	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie
Fraunhofer ISE	Fraunhofer- Institut für Solare Energiesysteme
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
Fraunhofer ISIT	Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie
Fraunhofer IST	Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik
Fraunhofer ITWM	Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik
Fraunhofer IVI	Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme
Fraunhofer IWES	Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
Fraunhofer IWM	Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik
Fraunhofer IWS	Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik
Fraunhofer IWU	Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
Fraunhofer IZFP	Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration
Fraunhofer IZM	Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren
Fraunhofer LBF	Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit

Fraunhofer MOEZ	Fraunhofer-Zentrum für Mittel- und Osteuropa
Fraunhofer UMSICHT	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
FSEM	Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität
FSG	Fachgebiet Fahrzeugsysteme und Grundlagen der Elektrotechnik (Universität Kassel)
FTG	Fernwärme Transportgesellschaft mbH
FTM	Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (TUM)
FuE	Forschung und Entwicklung
g	Gramm
GE	General Electric
ggf.	gegebenenfalls
GM	General Motors
g/km	Gramm pro Kilometer
gGmbH	gemeinnützige GmbH
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GOA	Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung mbH
GSE	Geschäftsstelle Elektromobilität (Einrichtung der RWTH Aachen)
GTÜ	Gesellschaft für Technische Überwachung
Hervorh.	Hervorhebung(en)
HPi	Heinz-Piast-Instituts für Handwerkstechnik an der Leibniz Universität Hannover
Hrsg.	Herausgeber
HTW	Hochschule für Technik und Wissenschaft (Saarland)
i. A.	im Auftrag
IAA	Internationale Automobil-Ausstellung
IABG	Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH
IAD	Institut für Automobiltechnik (TU Dresden)
IAEW	Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (RWTH Aachen)
IAT	Institut für Arbeitswissenschaften und Technologiemanagement (Universität Stuttgart)
IAV	Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr
idw	Informationsdienst Wissenschaft
IEA	Internationale Energie Agentur
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission (englisch: International Electrotechnical Commission)
IFB	Institut für Flugzeugbau (Universität Stuttgart)
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg

IFHT	Institut für Hochspannungstechnik (RWTH Aachen)
IFPEN	IFP Energies nouvelles
IFSTTAR	l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (French Institute of Science and Technology for Transport, Development and Networks)
IHK	Industrie- und Handelskammer(n)
IJCS	International Journal of Contemporary Sociology
IKT	Informations- und Telekommunikationstechnologie(n)
IME	Instituts für Maschinenelemente und Maschinengestaltung (RWTH Aachen)
infas	Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH
insg.	insgesamt
InnoZ	Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel GmbH
internat.	international
iPAT	Institut für Partikeltechnik (TU Braunschweig)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
iQST GmbH	Institute for Quality, Safety and Transportation
ISB	Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr (RWTH Aachen)
ISEA	Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (RWTH Aachen)
IST	Motor Transport Institute (Polen)
ISV	Institut für Straßen- und Verkehrswesen (Universität Stuttgart)
IT	Informationstechnologie(n)
ITD	Institut für Transportation Design (Hochschule der Bildenden Künste Braunschweig)
IVK	Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen (Universität Stuttgart)
iwd	iw-dienst Informationen aus dem Institut der deutschen Wirtschaft
IZES gGmbH	Institut für ZukunftsEnergieSysteme
Jg.	Jahrgang
JHT	Jakobs-Houben Technologie GmbH
Kap.	Kapitel
KBA	Kraftfahrtbundesamt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kfz	Kraftfahrzeug(e)
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KIT IIP	KIT Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion

km	Kilometer
km/h	Kilometer pro Stunde
KMU	kleine und mittelständische Unternehmen
Koop.	Kooperation(en)
KTH	Königlich Technische Hochschule (Universität Stockholm)
kW	Kilowatt
LBBZ	Laser Bearbeitungs- und Beratungszentrum NRW GmbH
LED	Leuchtdiode
Leibniz IFW	Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung
Leibniz IPF	Leibniz-Institut für Polymerforschung
Lkw	Lastkraftwagen
LLC	Limited Liability Company (Rechtsform von Unternehmen in den USA)
LMU München	Ludwig-Maximilians-Universität München
LNC	Logistic Network Consultants
LSE	London School of Economics
Ltd.	Limited (britisch: Private Company Limited by Shares)
Mass.	Massachusetts
MFW BW	Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg
Mio.	Millionen
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MPIfG	Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung
MPM	Methoden der Produktentwicklung und Mechatronik (Institut der TU Berlin)
Mrd.	Milliarde(n)
NBB	Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg
NEVS	National Electric Energy Sweden
NFF	Niedersächsisches Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (Einrichtung der TU Braunschweig)
Nfz	Nutzfahrzeug(e)
NIS	Nationale Innovationssysteme
No.	Number
NOW	Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
Nr.	Nummer
NRW	Nordrhein-Westfalen
NTU	Nanyang Technological University (Singapore)

OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (englisch: Organisation for Economic Co-operation and Development)
OEM	(Automobil-)Hersteller/ Hersteller des Originalerzeugnisses (englisch: Original Equipment Manufacturer)
o. J.	ohne Jahr
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Orig.	Original
ÖV	Öffentlicher Verkehr
p.	page (englisch)
PEM	Production Engineering of E-Mobility Components (Lehrstuhl der RWTH Aachen)
PHEV	Plug-in-Hybride (englisch: Plug-In-Electric Vehicle)
Pkw	Personenkraftwagen
Pol.	Politik
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
PTV	Planung Transport Verkehr AG
PV	Photovoltaik
RCI Bank	Renault Credit International Bank
RIS	Regionale Innovationssysteme
RLP	Rheinland Pfalz
RNV	Rhein-Neckar-Verkehrsbetriebe
RWTH Aachen	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
S.	Seite
saarVV	Saarländischer Verkehrsverbund
SAIC	Shanghai Automotive Industry Corporation (chinesischer OEM)
SENSE	Energieversorgungsnetze und Integration Erneuerbarer Energien (englisch: Sustainable Electric Networks and Sources of Energy, Institut der TU Berlin)
SenStadt	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung
SGL ACF	SGL Automotive Carbon Fibers
SH	Schleswig-Holstein
SI	Stadtbau-Institut (Universität Stuttgart)
SIS	Sektorale Innovationssysteme
SMRG	Sustainable Mobility Research Group (Universität Göttingen)
sog.	so genannt
SOI	Stuttgarter Beiträge zur Organisations- und Innovationssoziologie
SSB	Stuttgarter Straßenbahnen AG

St.	Sankt
STAWAG	Stadtwerke Aachen
s. u.	siehe unten
SUV	Sports Utility Vehicle
SWA	Stadtwerke Augsburg
SW LB	Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim
SWT	Stadtwerke Trier
SWU	Stadtwerke Ulm/ Neu-Ulm
TA	Technische Akademie
t	Tonne(n)
TAB	Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
Tab.	Tabelle(n)
TCO	Total-Cost-of-Ownership
TH	Technische Hochschule
TPS	Toyota-Produktionssystem
TRC	Transportation Research & Consulting GmbH
TRW	Thompson Ramo Wooldridge (ZF TRW Automotive Holdings Corp.)
TS	Technische Systeme
TSB	Transferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung Bingen
TU	Technische Universität
TUM	Technische Universität München
TÜV	Technischer Überwachungsverein
u. a.	unter anderem
UAW	United Auto Workers
UG	Unternehmergesellschaft
UN	United Nations
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UPS	United Parcel Service
USA	Vereinigte Staaten von Amerika (englisch: United States of America)
USABC	United States Advanced Battery Consortium LLC
usw.	und so weiter
VBB	Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg
VCD	Verkehrsclub Deutschland
VCR	Volkswagen Research Lab China
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.

VDIK	Verband der Internationalen Kraftfahrzeughersteller e.V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
versch.	verschieden(e)
vgl.	vergleiche
VGS	Verkehrs-Managementgesellschaft Saar
VoC	Varieties-of-Capitalism
Vol.	Volume
VRR	Verkehrsverbund Rhein-Ruhr
VTI	Swedish National Road and Transportation Research Institute
VW	Volkswagen
VZM	Verkehrsmanagementzentrale
WIP	Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (Fachgebiet der TU Berlin)
Wirt.	Wirtschaft
Wiss.	Wissenschaft
WRS	Wirtschaftsförderung Region Stuttgart
WSI	Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliches Institut (Hans-Blöckler-Stiftung)
WZB	Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung
WZE	Wissenschaftszentrum Elektromobilität (Einrichtung der TUM)
WZL	Werkzeugmaschinenlabor (RWTH Aachen)
z. B.	zum Beispiel
Z.E.	Zero Emission
ZEP	Zentrum für Elektromobilproduktion (Einrichtung der RWTH Aachen)
ZEV	Zero Emission Vehicles (englisch)
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung

1. Einleitung

Elektromobilität ist in den letzten fünf bis zehn Jahren ein wichtiges Thema in der Automobilindustrie, der Politik und den Medien geworden. Die Innovation Elektromobilität hat das Potential die gesamte Automobilindustrie und Automobilität zu revolutionieren, heißt es dabei nicht selten. Innovationen bezeichnen den Prozess der Erfindung, Anwendung und Diffusion von Neuheiten, die dann nicht mehr neu sind, sondern zur Routine werden. So lässt sich nur rückblickend beurteilen, ob eine Neuheit als erfolgreiche Innovation klassifiziert werden kann. Ob die Elektromobilität als erfolgreiche Innovation betrachtet werden kann, lässt sich heute – im Jahr 2016 – nicht abschließend beurteilen. Die Erfindung des Elektroautos liegt schon lang zurück. Dessen Anwendung als Teil einer inter- und multimodalen Mobilität unter Verwendung von Strom aus regenerativen Energiequellen, die als Elektromobilität bezeichnet wird, erfolgt erst seit einigen Jahren. Der Diffusionsprozess der Elektromobilität steht noch vergleichsweise am Anfang. Ob sich Elektromobilität als Alternative zur Verbrennungsmotor-basierten Automobilität langfristig durchsetzen kann, bleibt abzuwarten.

Allerdings ist die Verbreitung von Elektromobilität im 21. Jahrhundert bisher schneller vorangeschritten als in den letzten hundert Jahren ihrer Entwicklung. Alle großen Automobilhersteller haben inzwischen Elektroautos in ihr Produktportfolio aufgenommen und einige Unternehmen haben sich für die Entwicklung und Produktion von Elektroautos als Start-ups neu gegründet. Die Zahl der Neuzulassungen von Elektroautos steigt stetig an, auch wenn ihr Anteil im Vergleich zum Bestand der „Verbrenner“ weiterhin verschwindend gering erscheint. Regierungen fördern die Diffusion von Elektromobilität durch eine entsprechende Gesetzgebung und spezielle Förderprogramme. Das öffentliche und mediale Interesse an den neuen, leisen und umweltfreundlichen Fahrzeugen ist groß und gipfelte in den Jahren 2010 und 2011 in einem regelrechten Hype der Elektromobilität.

Doch unabhängig davon, ob sich Elektromobilität letztendlich erfolgreich als Alternative durchsetzt oder eine Nischenlösung bleibt, die Innovationsprozesse in diesem Bereich haben bereits heute deutliche Auswirkung auf die Automobilindustrie und deren Innovationssysteme. Soziale Systeme unterliegen einem ständigen Wandel und passen sich an die Ereignisse der Umwelt an. Elektromobilität wurde weitgehend von außen in die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie hereingetragen, in den dort stattfindenden Interaktionen aufgenommen und verarbeitet. Dabei haben sich Innovationsprozesse neu ausgerichtet. Die Pluralität der Antriebssysteme, die mit der Entwicklung der Elektromobilität in den letzten fünf bis zehn Jahren entstanden ist, führt zu einer Ausdifferenzierung der Systeme. Mehrere Entwicklungspfade werden nun gleichzeitig verfolgt. Diese Entwicklung soll in der folgenden Arbeit in den Vordergrund gestellt werden. Die Leitfrage dieser Arbeit richtet sich dabei auf die Veränderungen der Strukturen der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie durch Elektromobilität.

Elektromobilität wird als Lösung drängender, gesellschaftlicher Probleme gesehen. Zu diesen zählen die hohe Ölabhängigkeit des Automobilverkehrs, der Automobilwirtschaft und letztlich der gesamten deutschen Wirtschaft sowie die prognostizierten Folgen des anthropogenen Klimawandels verursacht durch CO₂-Emissionen. Darüber hinaus gelten technologische Innovationen als Motor wirtschaftlichen Wachstums und sozialen Wohlstands. Der Konkurrenzdruck innerhalb der Branche ist groß. Die Globalisierung hat dazu geführt, dass fast alle Automobilmarken inzwischen weltweit vermarktet werden. Dies ist einer der Gründe, warum es sich die deutsche Automobilindustrie nicht leisten kann einen Trend innerhalb des Marktes zu verpassen.

Mit dem Trend der zunehmenden Elektrifizierung von Fahrzeugen und der Elektromobilität deutet sich ein Paradigmenwandel in der Automobilindustrie an. Die Elektromobilität könnte einen ebenso großen strukturellen Umbruch für die Automobilbranche bedeuten wie die Umstellung der automobilen Produktion von der Massenproduktion auf die „Lean Production“. Das Infrage stellen der dominanten Stellung des Verbrennungsmotors als „Herzstück“ des automobilen Antriebssystems würde einen radikalen Bruch mit dem vorherrschenden, technologischen Paradigma bedeuten.

Dieses Paradigma prägt nicht nur die Produkte der Branche sondern auch deren Strukturen. Die Organisationen, die einer Branche zugeordnet werden können, stehen in verschiedenen Wettbewerbs- und Austauschbeziehungen zueinander. Zu diesen Organisationen zählen Automobilhersteller, Zulieferunternehmen und Dienstleistungsunternehmen, die auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette wie Forschung und Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Handel tätig sind. Die Relationen innerhalb der Branche sind durch politische, ökonomische und soziale Kontexte geprägt. Verbände, Gewerkschaften und andere Interessensgemeinschaften, staatliche Regulierungen und Förderung, das wissenschaftliche Umfeld, die Strukturen des Arbeitsmarktes, von Ausbildung und Qualifizierung sowie generelle, gesellschaftliche Trends beeinflussen die Produkte aber auch die Strukturen der Branche und deren strukturelle Kopplung mit anderen Gesellschaftsbereichen.

Die Automobilindustrie ist aufgrund ihrer hohen Bedeutung für die Volkswirtschaft einer der wichtigsten Industriezweige in Deutschland. Das politische Interesse an der Leistungsfähigkeit der Branche ist hoch. Die schnelle Erholung nach dem Einbruch während der Finanz- und Wirtschaftskrise ist unter anderem auf die massive, staatliche Unterstützung zurückzuführen. Auch im Bereich Elektromobilität hat sich die deutsche Automobilwirtschaft gemeinsam mit der Bundesregierung hohe Ziele gesetzt, nämlich Deutschland zum Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität zu machen. Innovativität und Technologieführerschaft werden als wesentliche Faktoren für das Bestehen im globalen Wettbewerb der Industrie gesehen. Für die Weiterentwicklung der Technologien und den Markterfolg der neuen Produkte muss Elektromobilität langfristig in den Innovationssystemen der Branche verankert werden.

1.1. Fragestellungen und Untersuchungsziele

Das Ziel dieser Arbeit ist es den Strukturwandel der Branche und in deren Innovationssystemen zu analysieren. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf den Interaktionen und Beziehungen zwischen Organisationen der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Die Analyse konzentriert sich auf den durch Elektromobilität entstehende Strukturwandel in den Innovations- und beteiligten Funktionssystemen. Es wird den Fragen nachgegangen, wie die Innovationssysteme der Branche auf die Veränderungen reagieren, wie diese Veränderungen aufgenommen und verarbeitet werden sowie wer an den Innovationsprozessen der Elektromobilität beteiligt ist.

Mit der Veränderung der technologischen Grundlage des Produkts gehen weit reichend Veränderungen in der Wertschöpfungskette des Automobils, den dort stattfindenden Entwicklungs-, Produktions- und Vermarktungsprozessen einher. Diese Veränderungen führen zu einer Öffnung der Innovationssysteme. Wurde die Forschung und Entwicklung bisher von den etablierten Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik dominiert, nehmen nun neue Akteure aus anderen Branchen, Disziplinen und politischen Ebenen an dem Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten teil, bringen eigene Produkte und Mobilitätsangebote auf den Markt und fordern somit die Dominanz der etablierten Akteure heraus. Für die Weiterentwicklung, Produktion, Erprobung und Verbreitung neuer Fahrzeuge und neuer Formen der Mobilität werden Kompetenzen und Kapazitäten benötigt, die sich nicht innerhalb der deutschen Automobilindustrie und ihrer Innovationssysteme finden und gemeinsam mit neuen Akteuren aufgebaut werden müssen. Die etablierten Akteure sind auf die Zusammenarbeit mit neuen Akteuren, z. B. Batterieherstellern, Ladeinfrastrukturbetreiber, Energieversorger, Flottenbetreiber, Städte und Kommunen sowie Wissenschaftlern aus unterschiedlichen Disziplinen angewiesen.

Die Innovationssysteme werden durch diese Öffnung deutlich verändert, es kommt zu Verschiebung der Interaktionen der beteiligten Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Dabei müssen alle Beteiligten ihre Rolle innerhalb der Systeme neu definieren, was mitunter zu heftigen Konflikten und Machtverschiebungen führen kann. Von der Wandelungsfähigkeit der Innovationssysteme und der dort interagierenden Organisationen hängt letztlich der Erfolg der Vision „Deutschland als Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität“ ab.

Um die Innovation Elektromobilität und deren Auswirkungen beschreiben zu können, müssen zunächst Innovationen und Innovationsprozesse, deren Verlauf und Kontextualisierung konzeptionell erfasst werden. Ein erstes Untersuchungsziel dieser Arbeit ist deshalb die theoretischen Grundlagen für die Betrachtung von Innovationsprozessen und strukturellem Wandel zu erarbeiten. Dies

geschieht anhand einer Analyse der verschiedenen Konzepte von Innovationssystemen und deren theoretischer Fundierung durch die soziologische Systemtheorie.

Innovationen sind keine einmaligen, isolierten Ereignisse, die von einzelnen Akteuren (Erfindern) ausgehen, sondern entstehen in Innovationssystemen, in denen mehrere Akteure an der Generierung, Weiterentwicklung und Diffusion von Innovationen beteiligt sind. Innovationsprozesse haben einen systemischen Charakter. Innovationsprozesse schließen aneinander an, lösen Folgeinnovationen aus und verändern sich im Verlauf ihrer Weiterentwicklung und Diffusion. Innovationen entstehen in einen spezifischen, historischen und gesellschaftlichen Kontext, von dem sie geprägt werden.

Konzepte von Innovationssystemen beschreiben die Innovationsprozesse in diesen unterschiedlichen Kontexten. Wesentlich ist dabei die jeweilige Bezugsgröße, die Innovationssysteme von ihrer Umwelt abgrenzt. Das Konzept nationaler Innovationssysteme dient beispielsweise der Beschreibung nationaler Innovationsprozesse und deren Auswirkungen auf eine Volkswirtschaft. So sollen unterschiedliche, nationale Innovationsdynamik und -muster vergleichbar werden. Obwohl der nationale Kontext, die jeweiligen ökonomischen, sozialen, politischen und kulturellen Rahmenbedingungen, Innovationsprozesse prägen, ist die nationale Begrenzung von Innovationssystemen problematisiert. Angesichts der Globalität vieler Branchen kann davon ausgegangen werden, dass der nationale Kontext lediglich einen von vielen Einflussfaktoren darstellt. Ein Konzept, das versucht der Globalität von Branchen besser gerecht zu werden, ist z. B. das Konzept sektoraler Innovationssysteme, in dem Innovationssysteme einer Branche zugeordnet werden. Aber auch Branchen haben keine klar definierten Grenzen.

Verschiedene Modelle von Innovationssystemen bleiben Konzeptionen, die helfen die Realität zu beschreiben. Sie können diese aber nicht allumfassend abbilden. Innovationssysteme sind keine einheitlichen, sozialen Gebilde, sondern bestehen vielmehr aus vielfach ausdifferenzierten Subsystemen, die in mehr oder weniger engen Relationen zueinander stehen, und an der Generierung, Weiterentwicklung und Diffusion von Innovationen mehr oder weniger stark beteiligt sind. Das Triple-Helix-Modell der Innovationssysteme beschreibt diese unabhängig von räumlichen oder sektoralen Begrenzungen. Demnach liegen Innovationssysteme „quer“ zu anderen gesellschaftlichen Funktionssystemen. Die Interaktionen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik und die jeweiligen Selektionsmechanismen der Systeme rücken in den Mittelpunkt der Analyse.

Die Konzepte der Innovationssysteme erscheinen im Hinblick auf die Verwendung des zentralen Begriffs des „Systems“ und die Konzeption von Wandel untertheoretisiert. Eine Möglichkeit die dort getroffenen Annahmen theoretisch zu fundieren bildet die soziologische Systemtheorie. Dort findet sich eine ausgearbeitete Systematisierung von Begrifflichkeiten, die genutzt werden kann, um die Komplexität sozialer Beziehungen und Entwicklungen zu beschreiben. Die Systemtheorie geht von

einer fortlaufenden Ausdifferenzierung der Systeme in modernen Gesellschaften aus, in der jedes System eine spezifische Funktion übernimmt. Strukturwandel wird als Evolution und die parallele Entwicklung von Funktionssystemen als Koevolution beschrieben.

Um den Strukturwandel der Innovationssysteme beschreiben zu können, müssen zunächst die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie genauer betrachtet werden. Diese Betrachtung bildet das zweite Untersuchungsziel dieser Arbeit. Nach dem Triple-Helix-Modell können diese im Wesentlichen den gesellschaftlichen Funktionssystemen der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik zugeordnet werden. Die deutsche Automobilindustrie ist geprägt von komplexen Wertschöpfungsprozessen, in denen verschiedene Akteure miteinander interagieren. Die wirtschaftliche Lage und Beschaffenheit der Branche prägt dabei die Fähigkeiten der Akteure den Strukturwandel durch Elektromobilität zu bewältigen.

Die zunehmende Bedeutung von Elektromobilität im 21. Jahrhundert hat komplexe, gesellschaftliche Ursachen. Wesentliche Gründe sind neben der wirtschaftlichen Lage und globalen Entwicklungstrends der Branche, vor allem der gesellschaftliche und politische Umgang mit dem anthropogenen Klimawandel, der durch steigende CO₂-Emissionen verursacht wird und durch deren Begrenzung zumindest verlangsamt werden soll, sowie die Ölabhängigkeit von Verkehr und Wirtschaft. Ressourcenverknappung fossiler Brennstoffe und stark schwankende Ölpreise lassen die Ölabhängigkeit langfristig zu einem Problem werden. Elektromobilität scheint eine Lösung für diese Probleme bereitzuhalten, denn in Kombination mit erneuerbaren Energien stellen Elektrofahrzeuge eine weitgehend emissionsfreie und ölunabhängige Alternative dar.

Der Fokus der Arbeit liegt auf der Beschreibung der Veränderungen der Strukturen der Innovationssysteme. Elektromobilität bedeutet eine Abweichung von den tradierten Entwicklungspfaden der Automobilindustrie. Das vorherrschende, technologische Paradigma, das den Verbrennungsmotor als alternativloses Antriebssystem und das Auto als Universalfahrzeug ansieht, wird zunehmend infrage gestellt. Damit eröffnen sich Möglichkeiten für neue Entwicklungspfade und radikale Innovationen.

Die Innovationssysteme der Automobilindustrie sind im Wesentlichen durch eine Konzentration auf bestimmte Wissensbereiche, die überwiegend in den Disziplinen des Maschinenbauwesens und der Fahrzeugtechnik vorkommen, geprägt. Die Dominanz dieser Wissensbereiche ist in Deutschland historisch über einen langen Zeitraum stabil gewachsen. Die Erforschung und Entwicklung, Produktion und Vermarktung elektrischer Fahrzeuge und neue Mobilitätsformen bedürfen andere Kompetenz- und Wissensschwerpunkte, die außerhalb der tradierten Wissensbasis der Automobilindustrie liegen. Diese Verschiebung der Kompetenzbereiche, die einerseits über Jahrzehnte gewonnenes Wissen weniger bedeutend werden lässt und andererseits die Bedeutung anderer Wissensbereiche steigert, impliziert weit reichende, strukturelle Veränderungen der

Innovationssysteme: Neue Akteure kommen hinzu, etablierter Akteure stehen gegebenenfalls nicht länger im Mittelpunkt.

Zunehmende Heterogenität und neue Beziehungen innerhalb der Innovationssysteme führen zur Ausdifferenzierung und Steigerung der Komplexität. Die beteiligten Akteure müssen Strategien zur Bewältigung von Komplexität und Beschleunigung von Innovationsprozessen entwickeln. Eine wesentliche Strategie sind Kooperationen, die zunehmend auch zwischen Organisationen unterschiedlicher Branchen und Disziplinen sowie zwischen neuen und etablierten Akteuren verschiedener Funktionssysteme aufgebaut werden. Die Kooperationen nehmen unterschiedliche Formen an und sind mehr oder weniger stabil. Besonders innerhalb von Förderprojekten bilden sich neue Beziehungen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.

Das Hauptziel dieser Arbeit ist es herauszuarbeiten, wie sich die Strukturen der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie durch Elektromobilität verändern und wie die beteiligten Akteure den Wandel bewältigen. Die starke Ausrichtung der Systeme an einem dominanten, technologischen Paradigma der Fahrzeugtechnologie hemmt deren Fähigkeit Innovationen, die sich nicht an diesem Paradigma ausrichten, hervorzubringen, weiterzuentwickeln, deren Marktpotential zu erkennen und einzuschätzen sowie deren Diffusion voranzutreiben. Die Innovation Elektromobilität wird von außen in die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie hereingetragen, was zu einer Öffnung der Systeme führt. Die Globalität der Branche und des Automobilmarktes erzeugt einen starken Konkurrenzdruck im Bereich technologischer Innovation. Eine Neuausrichtung und Neustrukturierung der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie ist notwendig, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können. Von den Reaktionen der beteiligten Akteure aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft auf strukturelle Veränderungen und deren Fähigkeit, die eigenen Strukturen auf die neuen Herausforderungen anzupassen, ist abhängig, ob die deutsche Automobilindustrie ihre starke Position auf dem Weltautomobilmarkt zukünftig beibehalten kann.

1.2. Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit orientiert sich an den oben beschriebenen Untersuchungszielen. In Kapitel 2 werden die theoretischen Grundlagen des Strukturwandels von Innovationssystemen erarbeitet. Den Ausgangspunkt bilden die begrifflichen und konzeptionellen Grundlagen von Innovationen und Innovationsprozessen (siehe Kapitel 2.1). In Kapitel 2.1.1 wird zunächst der Begriff Innovation definiert. Anschließend werden in Kapitel 2.1.2 verschiedene Modelle von Innovationsprozessen vorgestellt. Nach der Diskussion verschiedener Innovationstypen mit Fokus auf der Diskussion um

technische und ökonomische Innovationen (siehe Kapitel 2.1.3), werden abschließend verschiedene Konzeptionen der Reichweiten von Innovationen betrachtet (siehe Kapitel 2.1.4).

Verschiedene Konzepte von Innovationssystemen gehen davon aus, dass es sich bei Innovationen um Leistungen eines Systems handelt. In Kapitel 2.2 werden die zugrundeliegenden Annahmen und verschiedenen Konzeptionen von Innovationssystemen besprochen. Innovationen als systemische Prozesse, in denen verschiedene Akteure miteinander interagieren, bilden die Grundlage der Konzepte der Innovationssysteme (siehe Kapitel 2.2.1). In Kapitel 2.2.2 werden dann die verschiedenen Konzepte vorgestellt. Abschließend wird in Kapitel 2.2.3 das Tripel-Helix-Modell diskutiert, das auf die besondere Bedeutung der Interaktionen zwischen Organisationen der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in Innovationssystemen verweist.

In Kapitel 2.3 werden die systemtheoretischen Grundlagen der Konzepte von Innovationssystemen besprochen. Innovationssysteme können demnach als soziale Systeme definiert werden, die sich durch die Interaktion von Organisationen bilden (siehe Kapitel 2.3.1). Strukturwandel vollzieht sich nach den Annahmen der Systemtheorie evolutionär. Die Mechanismen der Evolution und deren Wirkung sind Inhalt von Kapitel 2.3.2. Durch die Interaktion von Organisationen der verschiedenen, gesellschaftlichen Funktionssysteme Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in Innovationssystemen beeinflussen sich diese gegenseitig und entwickeln sich koevolutionär (siehe Kapitel 2.3.3).

Kapitel 2 schließt mit einem Zwischenfazit (siehe Kapitel 2.4), in dem die theoretischen Grundlagen der Arbeit zusammenfasst werden (siehe Kapitel 2.4.1) und Fragestellungen und Hypothesen bezüglich des Strukturwandels der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie durch Elektromobilität abgeleitet werden (siehe Kapitel 2.4.2). Kapitel 2 schließt mit der Darstellung des methodischen Vorgehens der Arbeit (siehe Kapitel 2.4.3).

Auf die Untersuchung der theoretischen Grundlagen von Strukturwandel in Innovationssystemen folgt in Kapitel 3.1 zunächst eine Beschreibung der Akteure der deutschen Automobilindustrie, deren wesentlichen Merkmale und aktuellen Situation. In Kapitel 3.1.1 liegt der Fokus auf den Akteuren der Wirtschaft. Die Automobilindustrie befindet sich seit Beginn des 21. Jahrhunderts in einer Umbruchsituation. In der Finanz- und Wirtschaftskrise kam die wirtschaftlich angespannte Lage der Branche deutlich zum Ausdruck. Die Auswirkungen der Wirtschaftskrise werden in Kapitel 3.1.2 besprochen. Weitere, wichtige Akteure der Innovationssysteme kommen aus der Wissenschaft und Politik. Diese werden in Kapitel 3.1.3 vorgestellt.

Die Einführung von Elektromobilität bedeutet für die Branche ein Paradigmenwechsel. Die Förderung und Förderung von Elektromobilität und anderen alternativen Antriebskonzepten sowie die Regulierung von Emissionsausstößen können mit der Ölabhängigkeit der Wirtschaft und des Verkehrs, der Ressourcenverknappung, zunehmenden CO₂-Emissionen und dem anthropogenen Klimawandel begründet werden. Diese Ursachen werden in Kapitel 3.2 thematisiert. Der

Klimawandel ist ein globales Phänomen mit vielen Auslösern, der letztendlich auch vom Pkw-Verkehr mitverursacht wird (siehe Kapitel 3.2.1). Auch die Ressourcenverknappung fossiler Rohstoffe hat globale Ursachen und beruht letztendlich auf der weltweit steigenden Nachfrage. Aufgrund stark schwankender Ölpreise ist die Ölabhängigkeit des Pkw-Verkehrs langfristig problematisch (siehe Kapitel 3.2.2). Mit politischen Maßnahmen zur Reduktion von CO₂-Emissionen und Verringerung der Ölabhängigkeit wird versucht diesen globalen Trends entgegen zu wirken. Die Maßnahmen werden in Kapitel 3.2.3 diskutiert.

Die Einführung von Elektromobilität ist Thema in Kapitel 3.3. In Kapitel 3.3.1 werden zunächst die Diversifizierung und Elektrifizierung des automobilen Antriebssystems und deren verschiedenen Varianten aufgezeigt. Der zeitweilig um die Elektromobilität entstandene Hype wird in Kapitel 3.3.2 thematisiert. Hier werden auch die Reaktionen der deutschen Automobilindustrie auf diesen Hype beschrieben. Abschließend wird in Kapitel 3.3.3 der Status Quo der Elektromobilität dargestellt.

Kapitel 4 bildet den Kern der Arbeit und beschreibt die strukturellen Veränderungen in den Innovationssystemen der Automobilindustrie durch Elektromobilität. Zunächst wird der Strukturwandel im Wirtschaftssystem betrachtet (siehe Kapitel 4.1.). Diesem liegen Verschiebungen in den Wertschöpfungsprozessen zugrunde (siehe Kapitel 4.1.1). Durch die Veränderungen in der Wertschöpfungskette werden Technologien, Produkte und Prozesse relevant, die von neuen Akteuren eingebracht werden. Durch neue Beziehungen zwischen den Akteuren verändern sich die Kooperationsstrukturen im Wirtschaftssystem (siehe Kapitel 4.1.2). Im Upstream-Bereich der Wertschöpfungskette sind besonders Kooperationen mit Partnern für neue Antriebskomponenten wie Batterien, Elektromotoren, Batteriemanagementsystemen und Leistungselektronik relevant. Im Downstream-Bereich entstehen Kooperationen zwischen Organisationen verschiedener Branchen, die zuvor keine oder wenige Interaktionen auswiesen. Einerseits geht es dabei um die Stromversorgung von Elektroautos, für die neue Infrastrukturen benötigt werden, so dass sich Beziehungen zwischen der Automobilindustrie auf der einen Seite und der Energiewirtschaft und Ladeinfrastrukturbetreibern auf der anderen Seite bilden (siehe Kapitel 4.1.3). Andererseits geht es um die Vermarktung und den Vertrieb von Elektroautos als Teil zunehmend inter- und multimodaler Mobilitätsangebote, wodurch die Automobilindustrie mit der Verkehrs-, Transport- und Logistikbranche zunehmend in Kontakt kommt und vor allem mit Carsharinganbietern und Autovermietungen besonders im Bereich der Flottentests zusammenarbeitet (siehe Kapitel 4.1.4).

Wirtschafts- und Wissenschaftssystem entwickeln sich in Teilen koevolutionär, insofern sie in Innovationssystemen miteinander interagieren. So vollzieht sich nicht nur ein Strukturwandel in der Wirtschaft sondern auch in der Wissenschaft (siehe Kapitel 4.2). Die wissenschaftliche Forschung rund um das Automobil verändert sich durch Elektromobilität. Neue Disziplinen beteiligen sich an der Forschung, die dadurch zunehmend interdisziplinär wird. An den Universitäten und außer-

universitären Einrichtungen bilden sich neue Forschungszentren und neue Studiengänge zur Qualifizierung für Elektromobilität (siehe Kapitel 4.2.1). Neben neuen, interdisziplinären Beziehungen entstehen neue Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft (siehe Kapitel 4.2.2).

Der Strukturwandel durch Elektromobilität findet nicht nur in einzelnen Funktionssystemen sondern vor allem auch in Innovationssystemen statt. Dadurch entstehen neue Beziehungen zwischen Organisationen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik (siehe Kapitel 4.3). Die politische Förderung von Elektromobilität setzt einen Schwerpunkt auf die Förderung von Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft (siehe Kapitel 4.3.1). In dieser Arbeit werden die Beziehungen in den Projekten der Förderprogramme „Modellregionen für Elektromobilität“ und „Schaufenster Elektromobilität“ genauer analysiert. In den als Triple-Helix-Kooperationen bezeichneten Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik lässt sich eine starke Heterogenität der Akteure beobachten. Politische Organisationen vor allem auf städtischer und kommunaler Ebene nehmen dabei eine zunehmend aktive Rolle in den Projektkonsortien ein (siehe Kapitel 4.3.2).

Die Arbeit schließt in Kapitel 5 mit einer Diskussion der Folgen von Elektromobilität für die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie. Eine wesentliche Herausforderung stellt die zunehmende Komplexität der Innovationssysteme für die beteiligten Akteure dar. Diese haben verschiedene Strategien zur Reduktion von Komplexität und Reintegration ausdifferenzierter Strukturen entwickelt (siehe Kapitel 5.1). Eine zweite Herausforderung entsteht durch die Beschleunigung der Innovationsprozesse. Kapitel 5.2 diskutiert die verschiedenen Strategien zu deren Bewältigung. Zuletzt werden in Kapitel 5.3 Empfehlungen zum Umgang mit dem Strukturwandel durch Elektromobilität in den verschiedenen Systemen gegeben, die sich aus der vorangegangenen Analyse ableiten lassen.

2. Theoretische Grundlagen des Strukturwandels von Innovationssystemen

Die Innovationen, die in Verbindung mit der Einführung von Elektromobilität stehen, verändern die Strukturen der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie radikaler als viele andere, eher inkrementelle Produktinnovationen der letzten Jahre. Um diesen Strukturwandel durch und im Zusammenhang mit Elektromobilität systematisch analysieren zu können, werden in diesem Kapitel die theoretischen Grundlagen des Strukturwandels von Innovationssystemen diskutiert. Zunächst werden die begrifflichen und konzeptionellen Grundlagen von Innovationen und Innovationssystemen aus verschiedenen Perspektiven der Innovationsforschung beschrieben. Anschließend wird der Frage nachgegangen, wie Strukturwandel in Innovationssysteme konzeptionell gefasst werden kann. Dazu werden die Konzepte der Innovationssysteme durch eine systemtheoretische Perspektive ergänzt.

Innovationen werden in der Regel als Quelle des Wirtschaftswachstums gesehen (vgl. u. a. Blättel-Mink/ Ebner 2009; Braun-Thürmann 2005; Canzler/ Wentland/ Simon 2011). In der gesellschaftlichen Diskussion fällt auf, dass Innovation und Erfolg unmittelbar kausal miteinander verknüpft werden. Schon seit der Aufklärung bis heute werden Innovationen mit positiven Zustandsveränderungen und Fortschritt verbunden. Technische Innovationen gelten als zentrale Mittel zur Überwindung krisenhafter, ökonomischer Entwicklungen, zur Stimulation ökonomischen Wachstums und/oder zur Schaffung neuer Arbeitsplätze (vgl. u. a. Blöcker 2001; Hirsch-Kreinsen 2009). So schreibt beispielsweise das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in seinem zweiten Forschungsbericht zur Hightech-Strategie: „Gerade in einem relativ rohstoffarmen Land wie Deutschland schafft die gesteigerte Innovationskraft die entscheidende Basis für Wachstum, künftige Arbeitsplätze und Wohlstand. Innovationen sind der Schlüssel für einen schnellen Aufschwung“ (BMBF 2009, S. 4).

Die wirtschaftswissenschaftliche Literatur identifiziert die ökonomische Verwertung von Innovationen einen entscheidenden Faktor einer langfristig positiven Wirtschaftsentwicklung. Demnach lassen sich die Unterschiede in der Leistungsfähigkeit verschiedener Länder durch unterschiedliche Ausprägungen in der Innovationsfähigkeit erklären. Damit ist nicht nur die Fähigkeit zur Genese technologischer Innovationen gemeint sondern auch deren ökonomische Verwertung sowie die Fähigkeit weitreichende strukturelle, organisationale und institutionelle Veränderungen zu vollziehen, die für die Entwicklung und Diffusion von technologischen Innovationen notwendig sind (vgl. Fagerberg 2005, S. 18 f.).

Ohne die wirtschaftliche Bedeutung von Innovationen generell infrage zu stellen, muss man die grundsätzlich positive Wirkung von Innovationen aus systemtheoretischer Sicht eher vorsichtig

behandeln. Am Ende dieses Kapitels wird gezeigt, dass die grundsätzliche Gleichsetzung von Innovation und Erfolg problematisch ist.

Die wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Innovationsforschung beschäftigt sich unter anderem mit den Fragen, was Innovationen ausmacht, wie Innovationsprozesse verlaufen und wie sich verschiedenen Innovationstypen unterscheiden lassen. Im Mittelpunkt der gegenwärtigen Forschung stehen die Komplexität und der systemische Charakter von Innovationsprozessen. Die soziologische Innovationsforschung kritisiert unter anderem die einseitige Fokussierung auf technische und ökonomische Innovationen sowie die dichotome Gegenüberstellung technischer und sozialer Innovationen (vgl. u. a. Rammert 2008).

Diese Diskussion lässt sich auf die Innovation der Elektromobilität übertragen. Die Einführung von Elektromobilität bedeutet mehr als Autos mit Verbrennungsmotoren durch Elektroautos zu ersetzen. Eine reine Fokussierung auf technische Innovationen in der Antriebstechnologie, durch die der Betrieb eines Fahrzeugs mit Strom statt mit konventionellen Kraftstoffen ermöglicht wird, würde zu kurz greifen, wenn man die Innovation der Elektromobilität umfassen erklären will. Obwohl der Betrieb eines Fahrzeuges mit Strom deren Ausgangspunkt bildet, erschöpft sich Elektromobilität nicht in einer oder mehreren technischen Innovationen. Es handelt sich beim elektrischen Antrieb für Fahrzeuge auch nicht um eine Erfindung der letzten Jahre; diese reicht vielmehr bis zu den Anfängen der Automobiltechnik zurück. Elektromobilität umfasst eine Vielzahl von Innovationen der (Auto-) Mobilität, die eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens genauso einschließt wie weitere technische, organisatorische, ökonomische, soziale und politische Veränderungen, die für die Diffusion von Elektromobilität notwendig sind und durch diese ausgelöst werden (vgl. Canzler/ Knie 2011).

Kapitel 2.1 greift die wissenschaftliche Diskussion um den Begriff „Innovation“ auf. Dieser meint mehr als eine „Neuheit“ und schließt die Weiterentwicklung und Verbreitung der Neuheit mit ein (Kapitel 2.1.1). „Innovation“ wird demnach als Prozess verstanden. Verschiedene Modelle zur Beschreibung von Innovationsprozessen werden in Kapitel 2.1.2 vorgestellt. Lineare Modell wurden durch interaktionistische Modell abgelöst, wobei heute in der Regel der systemische Charakter von Innovationsprozessen betont wird. In Kapitel 2.1.3 wird die Abgrenzung verschiedener Innovationstypen sowie der Fokus der Innovationsforschung auf technische und ökonomische Innovationen problematisiert. Abschließend zur allgemeinen Diskussion von „Innovation“ werden in Kapitel 2.1.4 verschiedene Reichweiten von Innovationen thematisiert.

Eine gängige Konzeptualisierung von Innovationsprozessen in der wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Innovationsforschung findet sich in den verschiedenen Konzepten von Innovationssystemen. Ihren Ausgangspunkt nehmen diese Konzepte in der Annahme, dass Innovationsprozesse nicht als punktuelle Ereignisse einer genialen Erfindung angesehen werden

können, sondern in Systemen unter Mitwirken verschiedener Beteiligter entstehen. Die Leistungsfähigkeit einer Gesellschaft und ihrer Wirtschaft wird nach dieser Vorstellung nicht allein von der Innovationsfähigkeit einzelner Personen, Organisationen und Unternehmen bestimmt, sondern verschiedene Akteure leisten unterschiedliche Beiträge innerhalb eines Innovationssystems, die letztendlich zu Durchsetzung einer Erfindung führen. Für die gesamtwirtschaftliche Leistungsfähigkeit ist die Komplementarität der Beiträge, die von unterschiedlichen Akteure geleistet werden, entscheidend (vgl. Blöcker 2001, Fagerberg 2005, Mayntz 2009, Powell/ Grodal 2005).

Innovationssysteme werden von der Innovationsforschung auf unterschiedlichen Ebenen identifiziert und untersucht. Mit der Innovationsfähigkeit und den Innovationsmuster verschiedener Volkswirtschaften beschäftigt sich das Konzept nationaler Innovationssysteme, eines der meist beachteten Konzepte (vgl. Edquist 2005, Jürgens/ Sablowski 2008). Eine spezifische Beschränkung dieses Konzeptes liegt darin, dass die Internationalität wirtschaftlichen Handelns wenig Berücksichtigung findet. Deshalb ist für die Beschäftigung mit den Innovationssystemen einer Branche das Konzept sektoraler Innovationssysteme weiterführend, das den Umstand berücksichtigt, dass die Unternehmen eines Wirtschaftssektors nicht nur national sondern auch global agieren (vgl. Malerba 2004). Untersuchungen sektoraler Innovationssysteme konzentrieren sich auf Organisationen, die sich auf eine bestimmte Technologie, ein Produkt, eine Produktgruppe oder eine Dienstleistung beziehen, sowie deren Beziehungen untereinander. Innerhalb sektoraler Innovationssysteme gibt es oft geographische Abgrenzungen. Neben der nationalen Ebene ist oftmals die regionale Ebene bedeutend. Ein weiteres, relevantes Konzept für die Beschreibung von Innovationen, die sich auf eine spezifische Technologie beziehen, ist das Konzept technologischer Systeme, welches den Fokus darauf richtet, dass die an Innovationsprozessen beteiligten Akteure ihre Aktivitäten auf eine bestimmte Technologie beziehen und an dieser ausrichten (vgl. Edquist 2005).

Die Interaktionen verschiedener Organisationen aus den unterschiedlichen, gesellschaftlichen Systemen der Wirtschaft, Politik und Wissenschaft in Innovationssystemen bilden den Kern des Triple-Helix-Modells von Etzkowitz und Leydesdorff (2000). Dieses Modell beschreibt die Entwicklung von Wirtschaft, Politik und Wissenschaft als koevolutionären Prozess, der in einer Triple-Helix aus Interaktionen zwischen Organisationen der verschiedenen Gesellschaftssysteme verläuft und durch die verschiedenen, in den Systeme wirksamen Dynamiken beeinflusst wird. Gemeint sind die Marktdynamiken der Wissens- und Technikverwertung der Wirtschaft, die Kontrolldynamiken der staatlichen Regulierung und Förderung durch die Politik sowie die Dynamiken der wissenschaftlichen Wissensproduktion und ihre Anwendung in Technologien.

Innovationssysteme und deren Bedeutung für Innovationsprozesse werden in Kapitel 2.2 besprochen. Nach einer allgemeinen Darstellung von Innovationssystemen, die sich aus den Interaktionen der verschiedenen, an Innovationsprozessen beteiligt Akteure bilden, den damit

verbundenen Herausforderungen und der Bedeutung von Forschung und Entwicklung (FuE) in Innovationssystemen in Kapitel 2.2.1, werden in Kapitel 2.2.2 die verschiedenen Konzepten von Innovationssystemen sowie die Untersuchung der Aktivitäten von Innovationssystemen diskutiert. Die Interaktionen zwischen Organisationen der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in Innovationssystemen und deren Bedeutung für Innovationsprozesse werden im Triple-Helix-Modell thematisiert (Kapitel 2.2.3).

Kritisch betrachtet werden muss der Umgang mit dem Systembegriff innerhalb der Konzepte der Innovationssysteme. Während der Begriff „Innovation“ weit reichend, wenn auch nicht immer einheitlich definiert wird, fällt die wissenschaftliche Diskussion des Begriffs „System“ in der Regel vergleichsweise knapp aus und erschöpft sich in den Annahmen der Nichtlinearität der Innovationsprozesse sowie in dem Verweis auf die Bedeutung der Interaktion der Beteiligten. Der großzügige Umgang mit dem Systembegriff und dessen vage Definition werden im Zuge einer allgemeinen Kritik der „Untertheoretisierung“ des Konzeptes der Innovationssysteme vorgebracht. Die geringe, theoretische Ausarbeitung des Konzeptes bildet einerseits eine zentrale Schwäche der Konzepte, obwohl andererseits vor einer zu starken Theoretisierung und damit Schließung der Konzepte gewarnt wird (vgl. Edquist 2005). Aber auch jenseits dieser Theoriediskussion erscheint es sinnvoll den Systembegriff für eine systematische Analyse von Innovationssystemen, deren Elemente, den Beziehungen zwischen den beteiligten Akteuren sowie deren strukturellen Wandels genauer zu definieren.

Aus systemtheoretischer Perspektive können Innovationssysteme als soziale Interorganisationssysteme konzipiert werden. Die soziologische Systemtheorie nach Luhmann unterscheidet soziale Systeme auf den Ebenen der Interaktion, Organisation und Gesellschaft. Innovationssysteme werden durch die Interaktion von Organisationen gebildet, die ihre Kommunikationen und Aktivitäten an bestimmten Innovationen ausrichten. Ihre Entwicklung kann anhand der Mechanismen der Evolution - Variation, Selektion und Retention - erklärt werden. Aus dieser Perspektive kommt der Interaktion und den Beziehungen von Organisationen aus verschiedenen Funktionssystemen, die an der Ausdifferenzierung von Innovationssystemen beteiligt sind, eine besondere Bedeutung zu. Strukturwandel vollzieht sich demnach evolutionär, wobei es sich bei evolutionären Entwicklungen niemals um isolierte Ereignisse handelt, da die Elemente eines Systems sowie die Systeme mit ihrer Umwelt strukturell gekoppelt sind. Dies führt zu einer Verstetigung von Evolution und Koevolution zwischen den verschiedenen Systemen. Die koevolutionäre Entwicklung verschiedener Funktionssysteme und ihrer Organisationen sowie innerhalb von Innovationssystemen schränken einerseits Innovationen ein, da sie die Entstehung von Trajekten und Paradigmen fördern, die Innovationsprozesse leiten, andererseits ermöglichen sie Innovationen durch gegenseitiges Infrage stellen und zunehmende Ausdifferenzierung.

Eine theoretische Fundierung der Konzepte der Innovationssysteme unter Berücksichtigung der Systemtheorie im Anschluss an Niklas Luhmann findet in Kapitel 2.3 statt. In Kapitel 2.3.1 werden Innovationssysteme als soziale Systeme definiert. Kapitel 2.3.2 thematisiert den Strukturwandel von Innovationssystemen als Evolution. Abschließend wird in Kapitel 2.3.3 die Koevolution von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik im Sinne einer gegenseitigen Beeinflussung durch Interaktion der Organisationen verschiedener, gesellschaftlicher Funktionssysteme dargestellt.

Das Kapitel 2 schließt mit einem Zwischenfazit in Kapitel 2.4, in dem die theoretischen Grundlagen zusammengefasst (Kapitel 2.4.1) und im Hinblick auf den Strukturwandel der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie durch Elektromobilität Fragestellung und Hypothesen abgeleitet werden (Kapitel 2.4.2). Abschließend wird das methodische Vorgehen der Arbeit diskutiert (Kapitel 2.4.3).

2.1 Innovation und Innovationsprozesse

Vor der Beschäftigung mit Innovationssystemen muss zunächst der Begriff „Innovation“ definiert und die mit diesem Begriff verbundenen Vorstellungen genauer betrachtet werden. Eine zentrale Einsicht der Innovationsforschung ist, dass Innovationen keine punktuellen Ereignisse sind, sondern einen mehrstufigen Prozess umfassen. Aus diesem Grund werden nach der Definition des Begriffes „Innovation“ (Kapitel 2.1.1) verschiedene Konzeptionen des Ablaufs von Innovationsprozessen diskutiert (Kapitel 2.1.2). Je nach Schwerpunktsetzung werden in der Innovationsforschung verschiedene Typen von Innovationen betrachtet. Diese und die daran anschließende, soziologische Diskussion um die Bedeutung technischer und ökonomischer Innovationen wird in Kapitel 2.1.3 vorgestellt. Abschließend geht Kapitel 2.1.4 auf die unterschiedlichen Reichweiten von Innovationen ein. Die theoretische Betrachtung von Innovation ermöglicht die systematische Beschreibung und Interpretation der Innovation Elektromobilität, die in dieser Arbeit vorgenommen wird.

2.1.1 Der Begriff „Innovation“

Mit dem Begriff „Innovation“ wird in der Regel etwas Neues bzw. eine Neuheit bezeichnet. Dabei kann es sich beispielsweise um ein neues Produkt, eine neue Produktionsmethode, die Erschließung eines neuen Marktes, die Reorganisation einer Industrie oder um eine neue soziale Praxis handeln (vgl. Blöcker 2001, S. 20 f., Howaldt/ Schwarz 2010).

Der Begriff „Neuheit“ ist selbst nicht unproblematisch. Luhmann (1995, S. 323) stellt dazu fest: „Neuheit ist zunächst einmal ein ontologisches Unding: Etwas ist, obwohl, ja weil es alles nicht ist,

was bisher war“. Das „Neue“ lässt sich nur in Abgrenzung zum „Alten“ bzw. „Bekanntem“ definieren und setzt somit eine grundlegende Unterscheidung von „neu“ und „alt“ bzw. „unbekannt“ und „bekannt“ voraus. In diesem Sinne sind Innovationen Abweichungen vom „Alten“ bzw. „Bekanntem“, von Schumpeter als „schöpferische Zerstörung“ bezeichnet (1964, Orig. 1912).

Eine Innovation im Sinne einer Neuheit stellt einen Bruch mit der Routine dar, kann aber nur als solche bezeichnet werden, wenn sie selbst zur Routine geworden ist. Hier zeigt sich die Paradoxie der Innovation. Sie setzt die Unterscheidung von Routine und Abweichung voraus. Die Innovation ist die Abweichung von der Routine, kann allerdings erst rückblickend als Innovation klassifiziert werden, wenn die Abweichung selbst zur neuen Routine geworden ist (vgl. Blöcker 2001, S. 18). Mit Innovation wird demnach die erfolgreiche Überführung einer Neuheit bzw. einer Abweichung in etwas Bekanntes bzw. eine Routine beschrieben.

Um diese Paradoxie einzuschließen, gehen die gängigen Definitionen von Innovation über die bloße Feststellung der Neuheit dessen, was Innovation ist, hinaus und schließen deren Weiterentwicklung, Anpassung und schließlich Diffusion bzw. Verbreitung mit ein. Innovation wird als Prozess verstanden, der „den gesamten Vorgang von der Entstehung einer Idee bis zu ihrer verbreiteten Anwendung in der Gesellschaft [erfasst]“ (OECD 1993). Er beginnt in der Regel mit dem Erkennen eines Problems, erstreckt sich über die Problemlösung bis hin zur erfolgreichen Einführung der Innovation im Sinne ihrer verbreiteten Verwendung.

Diese Definition von Innovation als Prozess geht auf Schumpeters „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ (1964, Orig. 1912) zurück, in der die Innovationsforschung ihren Ausgangspunkt nimmt und die bis heute einen relevanten und Disziplinen übergreifenden Bezugspunkt der Innovationsforschung darstellt. Wirtschaftliche Entwicklung wird als permanenter Prozess schöpferischer Zerstörung, also als permanenter Innovationsprozess entlang der Schritte Erfindung (Invention), Anwendung (Innovation) und Verbreitung (Diffusion) beschrieben. Demnach kann zwischen dem Innovationsprozess, der Erfindung, Anwendung und Verbreitung umfasst, bzw. einer Innovation im weiteren Sinne und der Innovation im engeren Sinne, nämlich der Anwendung einer Erfindung, unterschieden werden (vgl. Blöcker 2001, S. 20 f.; Howaldt/Schwarz 2010).

Im Folgenden soll Innovation als Prozess im weiteren Sinne verstanden werden, der neben der Anwendung auch die Erfindung und Verbreitung einer Neuheit mit einschließen.

2.1.2 Konzeption von Innovationsprozessen

Es gab und gibt vielfältige Bestrebungen den Prozess der Innovation konzeptionell zu fassen. Dabei beziehen sich die meisten Modelle auf technische und/oder ökonomische Innovationen. Im Folgenden werden deshalb zunächst solche Innovationen betrachtet. Kapitel 2.1.3 beschäftigt sich anschließend mit verschiedenen Typen von Innovationen und einem soziologisch erweiterten Verständnis von Innovation.

In der heutigen Innovationsforschung werden Innovationsprozesse übereinstimmend nicht mehr als lineare sondern als komplexe, zirkuläre und schwer messbare Prozesse verstanden, die aus dem Zusammenwirken von in unterschiedlichen Organisationen, Standorten oder Disziplinen vorhandenen Kompetenzen hervorgehen. Um kontinuierlich Innovationen hervorzubringen, bedarf es einer Innovationsfähigkeit, der Fähigkeit verschiedene Wissensbestände zu rekombinieren (vgl. Bielinski 2010, S. 18 ff.).

Die bis in die 1980er Jahre gängigen Innovationsmodelle unterstellten Innovationsprozessen einen linearen, pfadabhängigen Verlauf, der von der wissenschaftlichen Erforschung und Entwicklung bis hin zu einem marktfähigen Produkt, Produktionstechnik oder Dienstleistung verläuft (vgl. Howaldt/Schwarz 2010, S. 16). Der Begriff der Pfadabhängigkeit wurde Mitte der 1990er Jahre von Davids eingeführt und bezeichnet den Umstand, dass die Entwicklungsvergangenheit einer Organisation, eines Produkts, einer Technologie, etc. künftige Entwicklungsmöglichkeiten beeinflusst (vgl. Blättel-Mink 2006, S. 98). Auf eine Phase des „trial and error“ folgt demnach eine Phase der Schließung des Innovationsfeldes. Dieser Konsolidierungsprozess ermöglicht den dauerhaften Bestand der Innovation, beispielsweise einer neuen Technologie (vgl. Canzler/Wentland/Simon 2011, S. 13).

Als Auslöser von Innovation wird dabei entweder von einem „*technology-push*“ oder von einem „*market-pull*“ ausgegangen. *Technology-push* meint, dass Erfindung und Weiterentwicklung von Technologien zur Entwicklung neuer Produkte oder Dienstleistungen führen, in denen diese zur Anwendung kommen. Die neuen oder verbesserten Produkte oder Dienstleistungen werden in den Markt eingeführt, wodurch eine Nachfrage nach den neuen Produkten oder Dienstleistungen erzeugt wird. Als Beispiel lassen sich Informations- und Telekommunikationstechnologien (IKT) anführen, die in Produkten wie Handys und Smartphones sowie Dienstleistungen wie Mobilfunkverträgen oder Onlinediensten zur Anwendung kommen. *Market-pull* beschreibt die Nachfrage nach innovativen Produkten aufgrund veränderter Marktbedürfnisse, die eine Entwicklung neuer Technologien auslöst. Beispielsweise wird die Integration von IKT-Anwendungen in Fahrzeugen zunehmend von veränderten Kundenbedürfnissen ausgelöst, da die Kunden auf die Funktionalitäten und Serviceangebote, die ihnen vom Mobilfunk und Onlinediensten vertraut sind, im Auto und während der

Fahrt nicht verzichten möchten. Als weitere, treibende Kraft von Innovationen werden in neueren Ansätzen auch gesellschaftliche Anforderungen an Innovationen, als „*social demand*“ bezeichnet, genannt, die z. B. in Form von gesetzlichen Rahmenbedingungen und gesellschaftliche Akzeptanz geäußert werden. Trotz aller Kritik an der starken Beeinflussung der Gesetzgebung durch die Industrie, besonders auch in Deutschland, konnten sich viele Innovationen in Automobilen erst aufgrund strengerer gesetzlicher Regelungen durchsetzen, z. B. im Bereich der Sicherheitstechnik oder der Emissionsvermeidung (vgl. Blöcker 2001, S. 31).

Neuere Forschung hat gezeigt, dass Innovationsprozesse komplexe, nicht linear sondern zirkulär verlaufende Prozesse sind. Dabei sind netzwerkartige Interaktionen und das Zusammenwirken verschiedenen Akteure wesentliche Elemente von Innovationsprozessen. Nach diesen interaktionistischen Innovationsmodellen bestehen Innovationsprozesse aus mehreren Phasen: Nachfrage und Marktpotential, Invention und/oder analytisches Design, detailliertes Design und Tests, Neudesign und Produktion, Distribution und Vermarktung. Die Phasen sind jeweils untereinander gekoppelt, systematisch aufeinander rückbezogen und bedürfen des Austauschs innerhalb allgemeiner und unternehmensspezifischer Wissenspools sowie der Forschung (vgl. Bielinski 2010, S. 18 ff.; Blöcker 2001, S. 31; Howaldt/ Schwarz 2010, S. 16).

Fagerberg (2005) beschreibt den systemischen Charakter von Innovationen als deren Haupteigenschaft: „... innovation is by its very nature a systemic phenomenon, since it results from continuing interaction between different actors and organization“ (ebda. S. 4). Innovationsprozesse werden als kontextspezifisch beschrieben, d. h. sie beruhen auf spezifischen institutionellen Arrangements innerhalb eines Unternehmens und dessen Kooperationsnetzwerks aus Zulieferern und Abnehmern. Sie sind geprägt durch Regulierungen auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene sowie gekennzeichnet durch Rückkoppelungsschleifen, interaktive und rekursive Lern-, Macht- und Austauschprozesse (vgl. Bielinski 2010, S. 20; Howaldt/ Kopp/ Schwarz 2008).

Die Unterscheidung zwischen Invention, im Sinne der Erfindung und ihrer ersten Anwendung, und Innovation, im Sinne der Weiterentwicklung und Anpassung der ursprünglichen Erfindung im Zuge des gesellschaftlichen und ökonomischen Verwertungsprozesses, bietet eine Erklärung dafür, warum Innovationsprozesse nicht exakt datiert werden können. Invention und Innovation sind kontinuierliche, wechselseitige Prozesse. Eine Invention bedarf gegebenenfalls anderer, komplementärer Inventionen und/oder Innovationen, um erfolgreich angewandt und durchgesetzt zu werden. Inventionen und Innovationen werden dabei laufend verändert. Eine spätere Anwendung einer Invention kann deutlich höhere, ökonomische Bedeutung erzielen als die ursprünglich vorgesehene Anwendung. So lassen sich die teilweise jahre- oder jahrzehntelangen Abstände zwischen Erfindung einer Technologie und deren ökonomisch erfolgreichen Anwendung und Verbreitung erklären (vgl. Fagerberg 2005, S. 4 ff.).

Investitionen in Innovationen stellen besonders in Zeiten der Unsicherheit zukünftiger Marktentwicklung ein hohes Risiko für Unternehmen dar. Grundsätzlich sind Innovationsaktivitäten immer mit einer Reihe von Risiken verbunden, vor allem mit Unsicherheiten in Bezug auf die Informationslage, die Auswahl einer optimalen Lösung und die Chancen der ökonomischen Verwertung. In einem unsicheren und dynamischen Umfeld werden Innovationsprozesse zunehmend geöffnet und binden Kunden, Zulieferer und externe Partner mit ein. Unsicherheit ist eine zentrale Dimension des Innovationsprozesses, die sich durch beschleunigte Wandlungsprozesse und verkürzte Produktlebenszyklen erhöht (vgl. Bielinski 2010, S. 20; Fagerberg 2005, S. 9 ff.; Howaldt/ Kopp/ Schwarz 2008).

Die Bedeutung einer Innovation verändert sich im Produktlebenszyklus mehrfach. Utterback und Abernathy (1990) beschreiben bspw. die Häufigkeit von Produkt- und Prozessinnovationen in Abhängigkeit von Lebenszyklus einer Branche. Die Entstehungsphase (auch „frühe“ oder „fließende“ Phase) ist gekennzeichnet durch häufige Produkt- und wenige Prozessinnovationen. In dieser Phase entscheidet sich, ob Marktfähigkeit, Akzeptanz, Breite des Anwendungsspektrums und Kosten-Nutzen-Verhältnis eines neuen Produkts für den Markterfolg ausreichend sind bzw. als ausreichend bewertet werden. Die Wachstumsphase (auch „transitorische Phase“) ist gekennzeichnet durch stark rückläufige Produkt- und zunehmende Prozessinnovationen. Innovationstätigkeiten zielen darauf, Wachstum und Wettbewerbsvorsprung z. B. durch die Entwicklung neuer Anwendungsmöglichkeiten oder die Reduktion von Produktionskosten durch Verbesserung und neue Varianten zu erhöhen. Die Reifephase (auch „spezifische Phase“) ist gekennzeichnet durch geringe Produkt- und Prozessinnovationen. Die Wettbewerbsposition wird durch Prozessinnovationen und inkrementelle technologische Innovationen verteidigt. In der Altersphase eines Produkts beschränkt sich Innovation auf Kostenreduktion (vgl. Blöcker 2001, S. 30 f.; Jürgens/ Sablowski 2008, S. 11 ff.).

2.1.3 Innovationstypen

Der Innovationstyp, auf dem traditionell der Fokus der Innovationsforschung liegt, ist die technische Innovation. Technische Innovationen werden durch ihre Anwendung in Produkten, Produktionstechniken und die damit verbundene Erschließung neuer Märkte oder Optimierung von Herstellungsprozessen oftmals durch ökonomische Innovationen begleitet. Aus diesem Grund werden Innovationen häufig mit technischen und ökonomischen Innovationen gleichgesetzt. Bereits Schumpeter sah in technischen Innovationen die entscheidende Voraussetzung für eine dynamische, kapitalistische Entwicklung (vgl. Hirsch-Kreinsen 2009, S. 185). In der Definition des Frascati Manual der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) wird vor allem die

Anwendbarkeit von Innovationen in Produkten, Produktion oder Dienstleistungen betont. „Scientific and technological innovation may be considered as the transformation of a new idea into a new product introduced in the market, into a new or improved operation process used in the industry and commerce, or into a new approach of social service“ (OECD 1993, S. 19).

Die Frage nach Faktoren und Bedingungen technischer und ökonomischer Innovationen, wirft aber immer auch mehr oder weniger explizit die Frage nach den gesellschaftlichen Voraussetzungen und sozialen Wirkungen von Innovation auf (vgl. Blöcker 2001, S. 19). Die Entwicklung der Gesellschaft und ihrer Funktionssysteme ist eng mit technischen Innovationen verbunden. Technische Innovationen können Auslöser des Wandels gesellschaftlicher Funktionssysteme und gesellschaftlicher Differenzierung sein. Schon Marx bezeichnete die Entwicklung der Produktivkräfte, vor allem der Produktionstechniken der Industrialisierung, als eine zentrale Kraft gesellschaftlicher Veränderung (vgl. Hirsch-Kreinsen 2009, S. 185).

Die Untersuchung technischer Innovationen und gesellschaftlicher Entwicklung sind unter anderem Gegenstand der Technik-, Industrie- und Wirtschaftssoziologie sowie der soziologischen Innovationsforschung. Soziologische Arbeiten zu Technik, Innovation und gesellschaftlichem Wandel betonen die Wechselseitigkeit technischer und sozialer Innovation. So wie die Einführung einer neuen Produktionstechnik die Organisation und Strukturen eines Arbeitssystems verändern kann, können andersherum strukturelle und organisatorische Veränderungen Auslöser technischer Innovationen sein. Die soziologische Literatur geht deshalb von einer wechselseitigen Beeinflussung technischer und sozialer Innovation aus oder versucht diese Unterscheidung konzeptionell zu vermeiden (vgl. z. B. Dolata 2011a; Braun-Thürmann/ John 2010; Braun-Thürmann 2005).

Ein soziologisch erweitertes Verständnis von Innovation, welches die Engführung auf technische und ökonomische Innovationen überwindet, stellt als zentrale Elemente den systemischen, sozialen, technischen und organisatorischen Charakter von Innovationen, deren Komplexität, Risikohaftigkeit, Reflexivität, Nichtplanbarkeit und eingeschränkter Steuerbarkeit sowie die zunehmende Vielfalt und Heterogenität der am Innovationsprozess beteiligten Akteure, nichtlineare Verlaufsmuster und die hochgradige Kontext- und Interaktionsabhängigkeit in das Zentrum der Innovationsforschung. Unter dem Stichwort „open innovation“ wird die Öffnung von Innovationsfeldern durch die verstärkte Einbeziehung der Nutzer und Anwender thematisiert (vgl. Howaldt/ Kopp/ Schwarz 2008, S. 64). Dieses Verständnis komplexer Systeminnovationen ist gekennzeichnet durch die Interdependenz von technischen, ökonomischen, organisatorischen und sozialen Innovationen. Systeminnovationen „erfordern weitreichende evolutionäre Transformationsprozesse und soziale Innovationen unter intelligenter Nutzung neuer Technologien und Dienstleistungen“ (ebda., S. 66).

2.1.4 Reichweite von Innovationen

Die Innovationsforschung unterscheidet im Anschluss an Schumpeter Innovationen hinsichtlich ihrer Reichweite, d. h. nach ihrem Neuigkeitsgrad und ihrer Durchgriffstiefe, von inkrementellen und radikalen Innovationen bis hin zum Wandel gesellschaftlicher oder technologischer Paradigmen bzw. Revolutionen (vgl. Dolata 2007, S. 25 ff.; Fagerberg 2005, S. 4 ff.; Hirsch-Kreinsen 2009, S. 189 f.; Howaldt/ Schwarz 2010, S. 14).

Inkrementelle Innovationen bezeichnen mehr oder weniger kontinuierlich auftretende und schrittweise Verbesserungen, z. B. von Produkten oder Prozessen, die auf bestehendem Wissen basieren und z. B. in der Industrie aus zunehmenden Skaleneffekten aufgrund von Lernprozessen resultieren bzw. durch die Kostenreduktion bei fortschreitender Technologieentwicklung entstehen. Dosi (1982) bezeichnet diese Innovationsform im Hinblick auf technische Innovationen auch als „*technological trajectory*“. Inkrementelle Innovationen machen den überwiegenden Teil der Innovationen insgesamt aus (vgl. Jürgens/ Sablowski 2008, S. 11). Die stetige Weiterentwicklung der Automobiltechnik gilt als typisches Beispiel inkrementeller Innovationen entlang eines Technologiepfades (vgl. Jürgens/ Meißner 2005, S. 13). Darüber hinaus werden hochwertige, inkrementelle Innovationsstrategien als charakteristisch für die Innovationssysteme der deutschen Wirtschaft beschrieben (vgl. Soskice 1997, S. 319).

Radikale Innovationen entstehen diskontinuierlich und ungleich über Gesellschaftsbereiche, Wirtschaftssektoren, Technologiefelder und die Zeit verteilt. Oft entwerfen sie bestehende Praktiken und Technologie, da sie wirksamere Lösungen für bestehende Aufgaben und Probleme bereitstellen. In Bezug auf Technologie sind sie meist Ergebnis gezielter Forschungs- und Entwicklungstätigkeit in Unternehmen, Universitäten oder Forschungseinrichtungen, stellen eine Kombination aus Produkt-, Prozess- und organisationale Innovationen dar und können neue Technologiefelder begründen. Nach dem Varieties-of-Capitalism (VoC)-Ansatz sind radikale, ökonomische Innovationen eher typisch für liberale Marktwirtschaften wie z.B. die USA (vgl. Jürgens/ Sablowski 2008).

Wandel gesellschaftlicher oder technologischer Paradigmen, auch als Basisinnovationen oder Revolutionen bezeichnet, führen zu gesamtgesellschaftlichen und/oder weitreichenden, technologischen Veränderungen. Mit Paradigmen sind Denkmuster gemeint, die auf gemeinsam getragenen Grundannahmen, Vorstellungen, Regeln und Normen beruhen. Diese Denkmuster prägen die Vorstellungen einer bspw. wissenschaftlichen Gemeinschaft („*given (scientific) community*“) darüber, welche Probleme maßgeblich und nach welchen Mustern diese zu lösen sind (vgl. Kuhn 1996). Revolutionären Veränderungen umfassen inkrementelle und radikale Innovationen (vgl. Fagerberg 2005, S. 4 ff.). Gesamtgesellschaftliche Basisinnovationen haben ihren Ursprung häufig in einem gesellschaftlichen Teilsystem. Bspw. lassen sich industriespezifische Basisinnovationen

innerhalb einer Branche bzw. in verwandten Branchen beobachten. Durch den Wandel technologischer Paradigmen entstehen dort neue Produkte und Verfahren, die Branchen nachhaltig verändern oder neue Branchen entstehen lassen. Diese neuen Systeme bleiben über einen langen Zeitraum bestehen und prägen die weitere, gesellschaftliche Entwicklung. Die Erfindung und Verbreitung des Automobils gilt bspw. als eine gesamtgesellschaftliche Basisinnovation, da sie das Verkehrswesen grundlegend geändert, Branchen, Berufs- und Tätigkeitsfelder geschaffen und gesellschaftliche Wertvorstellungen maßgeblich geprägt hat (Bielinski 2010, S. 17).

Dolata (2011b) entwickelt ein Konzept gradueller, soziotechnischer Transformation im Anschluss an Fagerberg (2005), um Phasen fundamentaler soziotechnischer Umbrüche zu beschreiben, die durch neue, technologische Möglichkeiten ausgelöst werden. Nach diesem Konzept führen solche Phasen letztendlich zu einer technologischen, institutionellen und organisatorischen Neuausrichtung eines Sektors, der Wirtschaft und/oder der Gesellschaft. Sie verlaufen nicht in einem schnellen Bruch mit vorhandenen Technologien, sondern in einem langen Such- und Neustrukturierungsprozess, der unter Umständen mehrere Jahrzehnte umfassen kann.

Dolata (2011b) knüpft mit diesem Konzept außerdem an eine wirtschaftswissenschaftliche Perspektive von Innovationen an, die entsprechende Phasen als „*periods of mismatch*“ beschreibt (vgl. Freeman/ Perez 1988; Dosi et al. 1988; Rip/ Kemp 1998; Kemp et al. 2001). Dolata (2011b) kritisiert dabei die zu vage Beschreibung der Mechanismen und Formen, die diese Perioden prägen, sowie der typischen Muster und Variationen, die diese annehmen können. Neuere Ansätze seien in dieser Hinsicht konkreter und identifizieren Kontexte, aus denen alternative, soziotechnische Entwicklungspfade entstehen (Smith et al. 2005; Geels/ Schot 2007, Geels/ Kemp 2007). Des Weiteren übernimmt Dolata (2011b) die These von Steeck und Thelen (2005), wonach Prozesse tief greifenden, institutionellen Wandels nicht durch kurzfristige, radikale Veränderungen charakterisiert sind, sondern inkrementell erfolgen und längere Perioden erfordern.

Zusammenfassend lässt sich zu Kapitel 2.1 feststellen, dass eine zu eng gefasste Definition von Innovation dem vielschichtigen und komplexen Innovationsprozess nicht gerecht wird. Jede Neuheit, die als Innovation bezeichnet werden kann, zeichnet sich nicht alleine durch ihre Neuartigkeit aus sondern dadurch, dass sie sich als Routine gegen andere Möglichkeiten durchsetzt. Sie durchläuft einen Prozess, bei dem Phasen der Weiterentwicklung, Anwendung und Verbreitung nicht linear aufeinander folgen, sondern durch systemische Rückkopplung gekennzeichnet sind. Innovationen sind niemals isolierte Ereignisse sondern entstehen aus einem bestimmten, gesellschaftlichen Kontext heraus, auf dem sie einwirken, in dem sie Folgeinnovationen auslösen, der gleichzeitig auf den Innovationsprozess zurückwirkt und Innovation in ihrer Gestalt sowie ihrem Verlauf verändert. Aus diesem Grund ist eine Abgrenzung technischer, ökonomischer und sozialer Innovationen nur auf

konzeptioneller Ebene möglich. Die verschiedenen Innovationsarten stehen in einem wechselseitigen Verhältnis zueinander, so dass eine Trennung bei der Beschreibung der gesellschaftlichen Wandels nur bedingt möglich ist.

Eine zunächst technische Produktinnovation wie ein Elektrofahrzeug bewirkt technische, ökonomische und organisatorische Folgeinnovationen in dem Unternehmen, in denen sie entwickelt, produziert und vermarktet werden, z. B. werden Entwicklungsingenieure mit Kompetenzen auf dem Gebiet der Elektronik, Elektrotechnik und Elektrochemie benötigt, Produktionsprozesse und Lieferketten auf das neue Produkt eingestellt, neue Vertriebs- und Servicestrategien entwickelt und in Schulungen an Händler und Werkstätten weitergegeben. Sie bewirken aber auch Veränderungen verschiedenen Organisationen innerhalb und außerhalb der Wirtschaft, die in Beziehungen zueinander oder zu dem Produkt stehen. Die zunächst technische Innovation hat so weitreichende soziale Folgen. Da Elektromobilität nicht mit dem vorherrschenden Paradigma des Universalfahrzeugs vereinbar ist, erfordert die Nutzung von Elektrofahrzeugen eine Umstellung des Mobilitätsverhaltens und könnte langfristig zur Ablösung des Automobilbesitzes durch eine situationsabhängige Automobilnutzung führen.

Die heute beobachtbaren Folgeinnovationen z. B. im Bereich der Infrastruktur und der Vertriebsmodelle sind nur der Beginn zahlreicher, weiterer, zum Teil noch nicht absehbarer Folgeinnovationen und gesellschaftlicher Veränderungen, die eine technologische Revolution vergleichbar mit den Folgen der rasanten Entwicklung der Telekommunikations- und Informationstechnologien auslösen könnten. Diese technologische Revolution wird sich, wenn überhaupt, nicht in einem radikalen Bruch mit der vorhandenen Automobiltechnologie in wenigen Jahren vollziehen sondern vielmehr im Sinne Dolatas in einem Prozess gradueller Transformation, bei dem sich nicht nur die Technologie und Nutzung des Automobils sondern auch die Strukturen der Branche maßgeblich verändern.

Ziel dieser Arbeit ist die Beschreibung dieser Transformationen der Strukturen der Branche und den damit verbundenen Strukturwandel der Innovationssysteme. Um diese Prozesse des Strukturwandels von Innovationssystemen durch Innovationen besser zu verstehen, werden im Folgenden verschiedene Konzepte von Innovationssystemen diskutiert (Kapitel 2.2) und anschließend durch systemtheoretischen Annahmen zu sozialen Systemen und deren Wandel vertieft (Kapitel 2.3).

2.2 Innovationssysteme

Ziel dieses Kapitel ist es Innovationssysteme zu beschreiben (Kapitel 2.2.1) und die verschiedenen Konzepte von Innovationssystemen zu diskutieren, die sich auf nationale, regionale, sektorale oder

technologische (Innovations-)Systeme beziehen (Kapitel 2.2.2). Eine wichtige Ergänzung stellt das Triple-Helix-Modell dar, welches den Schwerpunkt auf die Beziehungen und Interaktionen zwischen Organisationen aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft legt (Kapitel 2.2.3).

2.2.1 Innovationen als Systemleistung

Die Beschäftigung mit Innovationssystemen in der Innovationsforschung seit den 1980er Jahre entstand aus der stärkeren Betonung des Kontextes innovativen Handelns, welches immer vor dem Hintergrund bestehender Strukturen stattfindet, die eine Folie für das Neue darstellen und die Wahrnehmung der Handlungsoptionen beeinflussen (vgl. Blöcker 2001, S. 21 ff.). Innovationen entstehen in Netzwerken, die je nach Ausprägung ihrer Zielsetzung und Struktur auch als Innovationssysteme beschrieben werden können (vgl. Fagerberg 2005, S. 12 ff.). Diese umfassen die Interaktionen verschiedener Organisationen sowie die institutionellen Regeln, welche die Aktivitäten und Beziehungen innerhalb des Systems beeinflussen (vgl. Edquist 2005). Das Konzept der (nationalen) Innovationssysteme gründet sich auf die evolutionsökonomische Innovationsforschung. Nelsons und Winters Veröffentlichung *„An Evolutionary Theory of Economic Change“* (1982) hat einen der wichtigsten Beiträge dazu geleistet. Nelson und Winter unterscheiden zwei Ausprägungen von Regimen, die Innovationsaktivitäten in Unternehmen leiten. Sie gehen davon aus, dass Handlungen von Unternehmen durch Routinen geleitet werden, die durch ihre Anwendung als Teil des Unternehmensgedächtnisses reproduziert werden. Routinen unterscheiden sich je nach Unternehmen, z. B. tendieren die einen mehr zu innovativem, andere mehr zu imitierendem Handeln. Führt eine Routine nicht zum gewünschten Ergebnis, wird nach neuen Routinen gesucht, die langfristig beibehalten werden, wenn sie sich nach den Kriterien des Unternehmens als erfolgreich erweisen. Nelson und Winter unterscheiden zwischen „innovativen Regimen“, bei denen technologischer Fortschritt unabhängig von den Aktivitäten der Unternehmen fortschreitet (auch „wissenschaftlich-basierter Fortschritt“), und „kumulative Regime“, bei denen technologische Entwicklung eher endogen und abhängig vom Verhalten der Unternehmen ist (vgl. Fagerberg 2005, S. 17).

Weitere, konzeptionelle Grundlagen finden sich in den Werken von Freeman (1987), Dosi et al. (1988) sowie Freeman und Lundvall (1988). Dort werden Innovationssysteme als institutioneller Ausdruck historisch spezifischer Netzwerke aus interagierenden Akteuren des privaten und öffentlichen Sektors konzipiert. So kommt zur evolutionsökonomischen Perspektive eine institutionalistische Perspektive hinzu, die neben das praktische Erkenntnisinteresse, industrie-strukturellen Wandel zu verstehen, einen politische Geltungsanspruch stellt (vgl. Blättel-Mink/Ebner

2009, S. 11 f.). Seit den 1990er Jahre dient das Konzept der Innovationssysteme als Grundlage industriepolitischer Empfehlungen sowie nationaler und regionaler Entwicklungsstrategien in verschiedenen OECD- und Schwellenländern, unter anderem auch in Deutschland und einzelnen Bundesländern (vgl. ebda., S. 12 f.).

Innovationssysteme werden in der Regel als die Gesamtheit aller Akteure, Organisationen, deren Handlungen und Interaktionen sowie Institutionen, die Innovationsprozesse beeinflussen oder die Rahmenbedingung für das Ausmaß und die Richtung des technischen Fortschritts bilden, umfassend konzipiert (vgl. Blöcker 2001, S. 21 ff). Eine konzeptionelle Schwäche des Konzepts der Innovationssysteme liegt dabei darin, dass der Begriff „Institution“ unterschiedlich definiert und nicht einheitlich verwendet wird. Edquist (2005) bemüht sich deshalb um eine klare definitorische Abgrenzung der Begriffe „Organisation“ und „Institution“. Im Anschluss an die systemtheoretischen Begrifflichkeiten definiert er Organisationen als formale Systeme, die einem dynamischen Prozess der (Selbst-) Reproduktion unterliegen und einen expliziten Zweck haben. Institutionen bezeichnen dagegen ein Set geteilter Verhaltensweisen, Normen, Routinen, etablierter Praktiken, Regeln und/oder Gesetze, welche die Interaktionen zwischen Individuen, Gruppen und Organisationen leiten, sozusagen die „Spielregeln“, nach denen die Interaktionen ablaufen (vgl. ebda.).

Innovationssysteme werden auch als hybride Systeme bezeichnet, die „quer“ zu den gesellschaftlichen Funktionssystemen der Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sowie zu formellen und informellen Netzwerken der Organisationen liegen (vgl. Blöcker 2001, S. 22 f.). Innerhalb der heterogene Netzwerke bilden sich Austauschbeziehungen und Kopplungen von Unternehmen, wissenschaftlichen und politischen Einrichtungen, in denen interaktive Lernprozesse der systemisch vernetzten Akteure Innovationen hervorbringen bzw. an deren Generierung, Modifizierung und Diffusion beteiligt sind (vgl. Blättel-Mink/ Ebner 2009, S. 11 f.). Im systemtheoretischen Sinne können Innovationssysteme als Interorganisationssysteme konzipiert werden, die in unterschiedlichem Ausmaß formal organisiert sind¹.

Innovationssysteme bilden unterschiedliche Formen interorganisationaler Zusammenarbeit aus. Diese können verschiedene Formen, von Innovationsnetzwerken, über Forschungskonsortien, Joint Ventures, bis hin zu strategische Allianzen, annehmen. Steigende Komplexität der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umwelt führen dazu, dass Unternehmen für die Entwicklung neuer Produkte und Prozesse zunehmend externe Ressourcen heranziehen. Sie arbeiten vermehrt mit Universitäten, Konsortien, staatliche Forschungseinrichtungen, heimischen und ausländischen Wettbewerbern sowie mit Kunden zusammen (vgl. Powell/ Grodal 2005, S. 56 ff.). Die stetig steigenden Umweltanforderungen, die eine Folge funktionaler Differenzierung in modernen Gesellschaften sind, führen

¹ Eine Darstellung von Innovationssystemen als Interorganisationssysteme erfolgt in Kapitel 2.3.1.

dazu, dass Organisationen die Anforderungen und den Anpassungsdruck aus der Umwelt zunehmend seltener alleine bewältigen können (vgl. Schimank 2007, S. 166 ff.).

Die Vorteile heterogener Netzwerke sind in der sozialwissenschaftlichen Theorie und der Netzwerkanalyse ausführlich erforscht worden². Große und heterogene, soziale Netzwerke sind vorteilhaft in Bezug auf Informationen, Status und Ressourcen. Interorganisationale Beziehungen haben zahlreiche Vorteile vor allem in Bezug auf Informationsdiffusion, Risikoteilung und -streuung. Sie ermöglichen bspw. eine Dezentralisierung der Produktion bei gleichzeitigem Erhalt zentraler Steuerung sowie interorganisationalem Lernen. So können schnelle Lernerfolge erzielt werden und Wissen in Produkte, Dienstleistungen, in der Produktion und in Geschäftsmodelle umgesetzt werden. Für die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens sind heterogene Netzwerkpartner wichtig, da diese den Wissens-, Informations- und Kommunikationshorizont der Unternehmen erweitern (vgl. u. a. Peter 2001, S. 111). Powell und Grodal zitieren in diesem Zusammenhang Leonard-Barton: „Innovation occurs at the boundaries between mind sets, not within the provincial territory of one knowledge and skill base“ (Leonard-Barton 1995, S. 62). Der Gedanke, dass Innovationen dann entstehen, wenn Organisationen, die mit unterschiedlichen Referenzen operieren, interagieren, findet sich ebenfalls im weiter unten diskutierten Triple-Helix-Modell (siehe Kap. 2.2.3).

Bei der Analyse von Innovationssystemen ergibt sich das grundsätzliche Problem, das bei der Beschreibung von Systemen und Prozessen nach Ordnung und Regelmäßigkeiten gefragt wird, Innovationen aber gerade die Abweichung von der Routine bedürfen. Neben der Frage nach Innovationspfaden oder -trajekten muss deshalb der (interdisziplinäre) Kontext der Innovationsstrategien und das konkrete Innovationsverhalten von Unternehmen analysiert werden (vgl. Blöcker 2001). Innovationssysteme bilden den organisatorischen Rahmen für die Entstehung von Abweichungen und deren Weiterverarbeitung in den Systemen. Innovationssysteme müssen Abweichung nicht nur zulassen, sondern fördern und gezielt hervorbringen. Die notwendige Routine der organisatorischen Prozesse, die für das Bestehen der Systeme erforderlich sind, müssen regelmäßig erneuert werden, um Innovationsprozesse nicht zu behindern. Die Bewältigung dieser Herausforderung ist maßgeblich für die Leistungsfähigkeit eines Innovationssystems (vgl. Blöcker 2001). Ein Innovationssystem kann somit nur dann dauerhaft innovativ sein, wenn es offen für strukturellen Wandel bleibt und strukturelle Veränderungsprozesse wie die Beteiligung neuer Akteure oder das Beschreiten neuer Technologiepfade zulässt.

Ein großer Teil der Forschung zu Innovationssystemen konzentriert sich auf die Organisation und das Ausmaß von FuE innerhalb der Systeme (vgl. Edquist 2005). Forschungs- und Technologiesysteme bilden wesentliche Teile der Innovationssysteme, obwohl sich diese nicht in FuE erschöpfen. FuE

² Powell und Grodal (2005) verweisen in diesem Zusammenhang auf die Theorie- und Forschungstradition der Netzwerkforschung von Simmel (1954), über Merton (1957) und Granovetter (1973) hin zu Burt (1992).

gliedert sich in drei Bereiche: Grundlagenforschung, angewandte und experimentelle Forschung (vgl. Blöcker 2001, S. 33). Eine Definition der OECD (1993) lautet: „Forschung und experimentelle Entwicklung (FuE) [ist] systematische, schöpferische Arbeit zur Erweiterung des Kenntnisstandes, einschließlich der Erkenntnis über den Menschen, die Kultur und die Gesellschaft sowie deren Verwendung mit dem Ziel, neue Anwendungsmöglichkeiten zu finden.“

Die Effektivität eines gesamten Innovationssystems basiert auf der Komplementarität der Arbeitsweisen, internem Wettbewerb, Finanzierung und Art der Wechselwirkungen zwischen den Teilsystemen, wobei jedes Teilsystem eine spezifische Funktion übernimmt. Beispielsweise dient die Grundlagenforschung der Gewinnung grundsätzlicher Erkenntnis ohne ein bestimmtes wirtschaftliches Ziel zu verfolgen. Sie bildet die Basis anwendungsbezogenen Wissens (vgl. Blöcker 2001, S. 35 f.). FuE findet in den an Innovationssystemen beteiligten Organisationen, in Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie in Organisationen der Wirtschaft, und in Kooperationen zwischen Organisationen statt. Verbindungen zwischen Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen einerseits und innovativen Unternehmen andererseits sind besonders wichtig für Innovationsprozesse. Regierungen und staatlichen Einrichtungen wie Ministerien, Behörden und Verwaltungen können deren Zusammenarbeit fördern, Kooperationshindernisse abbauen und die Mobilität qualifizierten Personals zwischen verschiedenen Organisationen begünstigen. Innovationssysteme unterscheiden sich nach Art und Ausmaß der in ihnen vorfindlichen Kooperationen (vgl. Edquist 2005).

2.2.2 Konzepte von Innovationssystemen

Bei der Untersuchung von Innovationssystemen lassen sich verschiedene Ansätze unterscheiden, die Innovationssysteme auf unterschiedlichen Ebenen konzipieren. Die meisten Ansätze nutzen eine räumliche Abgrenzung, d. h. sie unterscheiden z. B. nationale oder regionale Innovationssysteme. Eine weitere Möglichkeit der Abgrenzung ist die Untersuchung sektoraler Innovationssysteme verschiedener Industrien oder Branchen (vgl. Blöcker 2001, S. 21 ff.). Außerdem lässt sich das Konzept technologischer Systeme in diesen Zusammenhang einordnen (vgl. Edquist 2005). Edquist (2005) verweist darüber hinaus auf die unterschiedlichen Aktivitäten von Innovationssystemen, wobei besonders die Komplexität der Beziehungen und Interaktionen im Zusammenhang mit Innovationsprozessen berücksichtigt werden. Diese Ergänzung zu den Konzepten von Innovationssystemen wird im Anschluss an die gängigeren Konzepte nationaler, regionaler, sektoraler und technologischer (Innovations-)Systeme diskutiert. Einen anderen Schwerpunkt legt das Triple-Helix-Modell, welches im folgenden Kapitel 2.2.3 vorgestellt wird.

Nationale Innovationssysteme

Dem Konzept nationaler Innovationssysteme (NIS) und dem internationalen Vergleich verschiedener NIS kommt seit den 1980er Jahren in der Innovationsforschung besondere Beachtung zu. Das Konzept NIS stammt ursprünglich aus der institutionellen Ökonomie, wurde in den Sozialwissenschaften aufgenommen und hat sich bis heute zu einem interdisziplinären Ansatz entwickelt. Es löst das traditionelle, lineare Modell von Wissensproduktion und -transfer ab und lenkt den Blick auf die Netzwerkgebundenheit und den systemischen Charakter von Innovationen. Zentrale Merkmale sind die nationalen Rahmenbedingungen der Produktion und der Nutzung von wissenschaftlich-technologischem Wissen sowie deren Auswirkungen auf die internationale Konkurrenzfähigkeit eines Landes (vgl. Blöcker 2001, S. 22 f.).

Der Ausdruck „*national systems of innovation*“ wurde zuerst von Freeman (1987) verwendet. Freeman definiert NIS als „network of institutions in the public and private sector whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies“ (ebda, S. 1)³. Wichtige Elemente des NIS sind nach Freeman (1988) Politik, Unternehmen und ihre FuE-Aktivitäten, Industriestrukturen sowie Bildungs- und Ausbildungssysteme. Nelson (1988) ergänzt zudem außerindustrielle Forschungseinrichtungen als wichtiges Element. Seine empirischen Studien konzentrieren sich vor allem auf nationale FuE-Systeme (vgl. Nelson 1993).

Die theoretischen Ausarbeitungen von Lundvall (1992) zu NIS sind nach Einschätzung von Edquist breiter als andere Ansätze angelegt und formulieren eine Alternative zur neo-klassischen Ökonomie. Lernprozesse durch die Interaktion der Akteure werden stärker in den Mittelpunkt gerückt. Lundvall verweist darauf, dass Organisationen in den weiteren Kontext sozio-ökonomischer Systeme eingebettet sind, in denen politische, kulturelle und wirtschaftspolitische Einflüsse das Ausmaß, die Richtung und den relativen Erfolg aller Innovationsaktivitäten mitbestimmen. Betriebliche Innovationsprozesse, die in einem nationalen Raum stattfinden, sind geprägt durch ein relativ homogenes Set an Regeln und Ressourcen, bereitgestellt durch das Bildungssystem, das System der betrieblichen Weiterbildung, die Form der Unternehmenskontrolle, das System der industriellen Beziehungen, das Bankensystem, die Zulieferer-Kunden-Beziehungen und die Forschungs-kooperationen zwischen Unternehmen und Universitäten (vgl. auch Edquist 2005, S. 182 ff.).

Lundvall beschreibt NIS folgendermaßen: „... a system of innovation is constituted by elements and relationships which interact in the production, diffusion and use of new, and economically useful, knowledge (and that) a national system encompasses elements and relationships, either located within or rooted inside the borders of a national state“ (Lundvall 1992, S. 2). Innerhalb NIS ergeben sich mögliche Interaktions- und Kooperationsebenen: zwischen Wettbewerbern, zwischen

³ Freeman verwendet den Begriff „Institution“, anders als Edquist (2005), als Oberbegriff von Organisationen, deren Normen, Regeln und Handlungsroutinen.

Produzenten und Konsumenten, zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen, zwischen Unternehmen und dem Staat in Form von Wirtschaftsförderung, Industriepolitik, industrielle Beziehungen sowie zwischen Bildungs- und Ausbildungssystemen und der Wirtschaft (vgl. Blättel-Mink 2006, S. 149). Die Untersuchung, wie und in welchem Ausmaß die Beziehungen und Interaktionen funktionieren und welchen Beitrag diese zur Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, Sektoren und Volkswirtschaften leisten, ist eines der Hauptanliegen des Konzepts NIS (vgl. Cooke 2009, S. 93).

Die Perspektive internationaler Vergleiche verweist darauf, dass verschiedene Länder, Regionen, Branchen und Unternehmen jeweils von einem eigenen institutionellen Umfeld geprägt sind, so dass die Übertragung der Erfolgskriterien eines NIS auf ein anderes nicht problemlos möglich ist. Fraglich ist allerdings, inwiefern das Konzept NIS Relevanz für global agierende Organisationen haben kann, da es Innovationssysteme modellhaft auf der nationalen Ebene verortet, diese aber in der Realität oftmals über nationale Grenzen hinweg bestehen. Obwohl NIS als offene Systeme konzipiert werden, die grundsätzlich auch internationale Aspekte beinhalten können, hat das Konzept durch die nationale Begrenzung einen starken Modellcharakter. Aufgrund der zunehmenden Globalisierung der Wirtschaft, den ausgeprägten Internationalität und Auslandsaktivitäten vieler Unternehmen sowie verstärkter, internationaler Handel und Technologietransfer kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich Innovationsprozesse überwiegend im nationalen Raum abspielen (vgl. Bielinski 2010, S. 22; Blöcker 2001, S. 25 f.; Jürgens/ Sablowski 2008, S. 14; Peter 2001, S. 52).

Im Konzept NIS werden die zunehmende, politische und wirtschaftliche Verflechtung durchaus erkannt und hinsichtlich ihrer Wirkung auf nationale Politik diskutiert. Die partielle Aufgabe nationaler Souveränität zugunsten supranationaler Organisationen wie bspw. der EU resultiert einerseits in der Verringerung der nationalen Eigenständigkeit und der Steuerungswirkung nationaler, politischer Entscheidungen und somit in einer verstärkten Einflussnahme durch und Abhängigkeit von der Umwelt, andererseits wird der jeweilige nationale Einflussbereich erweitert, da die Umweltsysteme ihrerseits stärker auf die jeweils anderen nationalen Systeme angewiesen sind (vgl. Peter 2001, S. 52).

Regionale Innovationssysteme

Ein Konzept, das den Umstand der Modellhaftigkeit nationaler Abgrenzung von Innovationssystemen zu begegnen versucht, ist das regionaler Innovationssysteme (RIS). Aufgrund der großen Heterogenität in der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit innerhalb eines Landes werden Regionen, obwohl schwieriger abzugrenzen als Nationen, als Analyseebene vorgezogen. Die Abgrenzung RIS erscheint deshalb sinnvoll, da Regionen oftmals relativ homogene Wirtschaftsstrukturen ausbilden und auch über Ländergrenzen hinweg funktionale Einheiten bilden können. Die Regionen innerhalb eines Landes ähneln sich oft weniger als Regionen unterschiedlicher

Länder. Deutschland ist ein gutes Beispiel für starke, regionale Unterschiede innerhalb der Wirtschaft eines Landes. Das bedeutet allerdings nicht, dass sich innerhalb einer Region jeweils ein einheitliches Innovationssystem ausprägt, vielmehr können mehrere RIS nebeneinander und mit relativ wenigen Berührungspunkten in einer Region bestehen, die bspw. in unterschiedlichen Sektoren aktiv sind (vgl. Blättel-Mink 2006, S. 183 f.; Renn/ Kastenholz 1996, S. 97).

Der Begriff „*regional innovation system*“ wurde zuerst von Cooke (1992) verwendet und in einem ersten Sammelbänden von Braczyk et al. (1998) besprochen. Der Ansatz RIS wurde maßgeblich von der Regionalforschung, der Wirtschaftsgeographie sowie der Kritik am Konzept der NIS geprägt und geht auf das Konzept industrieller Cluster zurück, die sich aus der räumlichen Nähe von Unternehmen eines oder mehrerer eng miteinander in Beziehung stehender Industriezweige ergeben. Nach Porter (1999) sind industrielle Cluster regionale Konzentrationen von Zulieferern, Abnehmern, Konkurrenten, Arbeitskräften, Ausbildungs- und Forschungseinrichtungen, deren Stärke in der Unterstützung regionaler Lern- und Innovationsprozesse liegt (vgl. Blättel-Mink 2006, S. 183 f., Cooke 2009, S. 91 f.).

Nach Cooke hat die Betrachtung RIS den Vorteil, dass komplexe Beziehungsstrukturen als Mehrebenensysteme analysiert werden können. „Die reichhaltigen Möglichkeiten der Interaktionen in einem Cluster können um globale Interaktionen in Innovationsprozessen erweitert werden“ (Cooke 2009, Orig. 2001, S. 90). Dabei wird der große Einfluss nationaler Rahmenbedingungen auf Innovationsprozesse nicht geleugnet, die Bindungen von Unternehmen und anderen an Innovationsprozessen beteiligten Organisationen seien auf regionaler Ebene allerdings stärker ausgeprägt als auf nationaler Ebene (vgl. Cooke 2009, S. 90 ff.).

Studien zu RIS stellen internationale Vergleiche von Regionen an und klassifizieren diese anhand ihrer Wirtschaftsstrukturen, Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit und den jeweiligen vorherrschenden Koordinationsmechanismen (regionale Regulations- bzw. Governance-Strukturen⁴). Die an den Innovationsprozessen beteiligten Akteure und deren Beziehungen unterscheiden sich dabei je nach ihrer Rolle und Bedeutung innerhalb RIS. Erfolgreiche RIS können nicht von politischen Akteuren generiert werden, wie es sich lokale Politiker zur Wirtschafts- und Strukturförderung oftmals wünschen würden, sondern entstehen aus den Interaktionen zwischen den Beteiligten, z. B. Produzenten und Zulieferer, Dienstleister, Forschungseinrichtungen, intermediären Organisationen und politischen Akteure. Sie unterliegen, wie alle sozialen Systeme evolutionären Veränderungsprozessen und müssen sich kontinuierlich an sich verändernde Markt- und Rahmenbedingungen anpassen, die oftmals nicht auf regionaler Ebene beeinflusst werden können⁵. So entstehen neue RIS, die sich dynamisch und schnell entwickeln - das meist genannte Beispiel ist das Silicon-Valley -,

⁴ Der Begriff „Govenance“ wird in Kapitel 2.3.3 genauer besprochen.

⁵ Zur Steuerung und Evolution sozialer Systeme siehe Kapitel 2.3.

während etablierte, historisch gewachsene RIS neue Mechanismen finden müssen, um ihre Strukturen den Erfordernissen von Umweltveränderungen anzupassen. Letzteres trifft u. a. auf die historisch, wirtschaftlich starken Automobilregionen Deutschlands zu. Je stärker hierarchisch RIS koordiniert sind, umso eher neigen diese zu inkrementellen Innovationen und vermeiden radikale Innovationen sowohl bei Produkten als auch bei organisationalen Veränderungen (vgl. Blättel-Mink 2006, S. 188 ff.).

Sektorale Innovationssysteme

Das Konzept sektoraler Innovationssysteme (SIS) wurde ähnlich wie das Konzept RIS aufgrund der eingeschränkten Relevanz nationale Strukturen für globale Wirtschaftsorganisationen und Märkte entwickelt. Jürgens und Sablowski (2008) schlagen die Untersuchung des Verlaufs SIS vor, da die Annahme, Innovationsprozesse würden in nationalen Grenzen verlaufen, ihrer Ansicht nach fraglich ist. Der zentrale Begriff „Sektor“ kann nach Malerba folgendermaßen definiert werden: „A sector is a set of activities that are unified by some related product group for a given or emerging demand and that share some basic knowledge“ (Malerba 2004, S. 9 f.).

Eine weit verbreitete Systematisierung sektoraler Innovationsmuster stammt von Pavitt (1984), der vier Typen von Sektoren hinsichtlich ihrer Technologie- und Wissensquellen, der Anforderungen der Kunden sowie der Intensität und Richtung ihres technologischen Diversifikations- und Innovationsverhaltens unterscheidet: lieferantendominierte Sektoren (z. B. Textilindustrie), in denen neue Technologien in neuen Bauteilen und Ausrüstungsteilen verankert sind und sich durch die Nutzung verbreiten; produktionsintensive Sektoren unterteilt in skalenintensive Sektoren (z. B. Automobilindustrie), in denen interne und externe Innovationsquellen zum Ziel der Leistungsverbesserungen genutzt werden, und spezialisierte Sektoren; sowie wissensbasierte Sektoren (z. B. Elektronik-, Chemie- und Pharmaindustrie), in denen Innovationen auf hohem eigenen FuE-Aufwand und wissenschaftlicher Forschung basieren (vgl. Pavitt 1984, S. 343 ff.; auch Malerba 2005, S. 381 ff.).

SIS umfassen die Interaktionen von Organisationen mit ihren spezifischen Lernprozessen, Kompetenzen, Organisationsstrukturen, Zielen und Verhalten, die durch Kommunikations- und Austauschprozesse, Kooperation und Wettbewerb miteinander interagieren und deren Innovationsprozesse durch bestehende Institutionen geprägt sind. Sie unterscheiden sich nach Wissensbasis, Lernprozessen und Basistechnologien sowie in ihren Beziehungen zu Zulieferern, Kunden und anderen Organisationen (Universitäten, Forschungseinrichtungen, politischen und staatlichen Organisationen etc.). Eigenschaften und Quellen des Wissens innerhalb eines Sektors bestimmen Frequenz und Richtung des technologischen Wandels sowie die Organisation innovativer Aktivitäten durch die Unternehmen (vgl. Malerba 2005, S. 391).

Kritisch anzumerken zum Konzept SIS ist, dass es sich auf definierte Industriebranchen bezieht und nur bedingt für die Analyse neuer Technologien, für die sektorübergreifende Beziehungen ausgebaut

werden, geeignet ist (vgl. Bieslinski 2010, S. 25 ff.). Bilden sich neue Technologiefelder an den Grenzen von Sektoren, beziehen diese oftmals Organisationen anderer Sektoren mit ein, mit denen Technologien weiterentwickelt werden und neue Branchenstrukturen entstehen. Im Fall der Elektromobilität bilden sich bspw. zur Entwicklung und Produktion des elektrischen Antriebs, bestehend aus Batterie(n), Elektromotor(en), Batteriemanagementsystem(en) und Leistungselektronik, sektorübergreifende Innovationssysteme, in denen Organisationen aus der Automobilindustrie mit Organisationen anderer Branchen zusammenarbeiten. Die unterschiedlichen Eigenschaften, Ziele und Strukturen dieser Organisationen und zuvor weitgehend getrennter Innovationssysteme sowie deren Fähigkeit, sich auf die jeweils anderen Ziele und Erwartungen einzustellen, sind wesentliche Faktoren, die den Erfolg der Innovationsprozesse beeinflussen.

Technologische Systeme

Sektorale Innovationssysteme sind oftmals durch bestimmte technologische Systeme (TS) geprägt, die in den Produkten und Dienstleistungen eines Sektors zur Anwendung kommen. TS werden von Carlsson und Staniewicz (1991, S. 111) wie folgt definiert: „A *technological system* may be defined as a network of agents interacting in a specific *economic/industrial area* under a particular *institutional infrastructure* or a set of infrastructures and involved in the generation, diffusion, and utilization of technology (Hervorh. im Orig.)“. Carlsson und Staniewicz (1991) legen bei ihrer Konzeption TS den Fokus auf den Austausch von Wissen und Informationen. Dieser sei für die technologische Entwicklung und damit letztlich für das Wirtschaftswachstum wichtiger als der Austausch von Gütern und Dienstleistungen. Die Konzepte SIS und TS weisen deutliche Parallelen auf. Die Akteure, die an der technologischen Entwicklung beteiligt sind, interagieren in bestimmten, wirtschaftlichen und/oder industriellen Bereichen, die man im Wesentlichen mit Sektoren gleichsetzen kann. Im Konzept TS wird jedoch die wirtschaftliche Bedeutung von Technologien stärker betont (vgl. ebda.).

Das Konzept TS folgt ebenfalls den evolutionsökonomischen Ansatz von Nelson und Winter (1982). Ebenso wie diese werden mikroökonomische Prozesse in den Mittelpunkt gerückt und damit der Fokus auf die an Innovationsprozessen beteiligten Akteure, deren Eigenschaften und Beziehungen gelegt. In diesem Punkt unterscheidet sich das Konzept TS vom Konzept NIS, bei dem eine stärker makroökonomische Perspektive gewählt wird. Das Konzept NIS bezieht sich auf Innovationsprozesse in allen wirtschaftlichen Bereichen eines Landes, während sich das Konzept TS auf einen spezifischen Bereich konzentriert, der sich um eine bestimmte Technologie oder ein Set an Technologien herum entwickelt. Die Betrachtung TS ermöglicht auch Internationalisierungstendenzen mit einzubeziehen, da die Grenzen eines TS nicht mit den nationalen Grenzen übereinstimmen müssen. Die internationale Dimension TS gewinnt mit zunehmender Globalisierung der Wirtschaft und Wissenschaft an Bedeutung (vgl. Carlsson/ Staniewski 1991, S. 112 ff.).

Ein wesentlicher Aspekt TS ist die Bedeutung und Rolle wirtschaftlicher Kompetenz („*economic competence*“), womit die Fähigkeit der Akteure gemeint ist sich neue Geschäftsmöglichkeiten zu erschließen und die sich bietenden Chancen zu nutzen. Innovationen führen nur in dem Maße zu wirtschaftlichen Wandel, in dem Akteure des Systems erfolgreich die Vorteile neuer Möglichkeiten nutzen, die durch diese entstehen. Unternehmen unterscheiden sich in dieser Hinsicht voneinander (vgl. ebda., S. 100).

Wirtschaftliche Kompetenz ist ein wichtiger Aspekt der organisatorischen und institutionellen Rahmenbedingungen, die in TS wirksam sind. Analysen von Innovationsprozessen haben immer wieder die große Bedeutung des sozialen, ökonomischen und kulturellen Kontexts technologischer Entwicklung aufgezeigt. Diese werden im Konzept TS unter institutionellen Rahmenbedingungen zusammengefasst. Ein weiterer Aspekt ist die Bündelung von Ressourcen („*Clustering of resources*“). Diese wird aufgrund der Notwendigkeit der Interaktion zwischen Akteuren mit unterschiedlichen Kompetenzen und Hintergründen für erfolgreiche Innovationen benötigt. Durch die meist lokale Bündelung von Ressourcen wird eine große Zahl mobiler, hochqualifizierter und kreativer Personen verfügbar, werden Zuliefererstrukturen möglich und generell die Bemühungen der Forschung, technischen Kreativität und Kommunikation angeregt (vgl. ebda., S. 102).

Kooperationen sind notwendig um fundamentale Unsicherheiten verbunden mit Innovationen zu begegnen. Je komplexer eine Technologie wird, desto mehr müssen sich Unternehmen auf die Expertise anderer verlassen. Je höher die Unsicherheit in Bezug auf die technologische Entwicklung, desto größer muss das Vertrauen zwischen den Akteuren sein. Kooperationen sind notwendig, da es fraglich ist, ob die erforderlichen Kompetenzen in einem Unternehmen alleine gebunden werden können und ob die Voraussetzungen gegeben sind, im Voraus zu wissen, ob dies so ist oder nicht. Die so entstehenden Netzwerke dienen vorrangig dem Austausch von Wissen. Sie sind oftmals eher informell als formal organisiert. Das ausgetauschte Wissen kann sich auf Märkten und Marktprognosen, Qualifizierungsstrategien und -programme, technische Empfehlungen und Produkte sowie Produktionstechnologien beziehen. Einen wesentlichen Teil macht der informelle Austausch von Ideen unter Technikern und Ingenieuren aus (Carlsson/ Staniewski 1991, S. 103).

Technologische Entwicklung ist so konzipiert, dass sie nicht kontinuierlich sondern in Schüben oder Blöcken („*development blocks*“) verlaufen. Die dadurch entstehenden Ungleichgewichte und Ungleichzeitigkeiten in verschiedenen Bereichen TS prägen diese maßgeblich. Sequenzen von Ungleichheiten generiert Spannungen in Systemen, die wiederum neue Entwicklungspotentiale erzeugen (vgl. ebda., S. 105).

Ein ganz ähnlicher Ansatz, der technologische und organisatorische Entwicklung aufeinander bezieht und von einem sequenziellen Evolutionsprozess ausgeht, ist das Modell der Koevolution von Technologie und Organisation von Rosenkopf und Tushman (1994), obwohl die Autoren keinen

expliziten Bezug aufeinander nehmen. Rosenkopf und Tushman (1994) gehen von sich abwechselnden Perioden sozialer Konstruktion („*social construction*“), d. h. organisationaler Gestaltung von Technologien, und technologischer Determination („*technological determinism*“), d. h. technisch induzierter Prägung von Organisationen, aus. Technologische Veränderungen lösen organisatorische Anpassungsprozesse in allen Organisationen aus, die einen Bezug zu dieser Technologie haben. Die Technologie wird in Organisationen weiterentwickelt, was weitere organisatorische Anpassungsprozesse nach sich ziehen. Auch Rosenkopf und Tushman (1994) verweisen auf die Bedeutung der Beziehungen zwischen Organisationen, die eine Gemeinschaft („*community*“) in Bezug auf eine Technologie bilden. In Phasen der Entstehung einer innovativen Technologie bestehen die Beziehungen zwischen den beteiligten Organisationen zunächst in fragmentierten, interorganisationale Netzwerken. Es gibt keine übergreifenden Organisationen und verschiedene Koalitionen von Organisationen aus Wirtschaft und Wissenschaft arbeiten an unterschiedlichen Designvarianten. Die Ausprägung einer dominanten Designs geht in einer Phase der Verbreitung der Technologie mit der Stabilisierung interorganisationale Verbindungen einher. Gegenseitige Abhängigkeiten, industrieweite Standards und bevorzugte Problemlösungsstrategien entstehen (vgl. ebda., S. 403 ff.).

Carlsson und Staniewski (1991) betonen weiterhin die Bedeutung von Institutionen und die mit diesen verbundenen Rahmenbedingungen technologischer Entwicklung („*institutional infrastructure*“). Unter Institutionen werden in diesem Zusammenhang normative Strukturen verstanden, die stabile Muster sozialer Interaktionen und Transaktionen ermöglichen. Institutionen reduzieren soziale Unsicherheit und verhindern oder mindern Konflikte zwischen verschiedenen Werteorientierungen, indem sie Handlungen und Interaktionen strukturieren und mit spezifischen vorherrschenden Regimen in Verbindung bringen. Mit institutionellen Strukturen sind Sets institutioneller Arrangements gemeint, die Innovations- und Diffusionsprozesse von Technologien direkt oder indirekt unterstützen, stimulieren und regulieren. Grundlegende, ökonomische Institutionen, die beispielsweise in Kapitalmärkten, Finanz- und Steuerpolitik oder Versicherungen ihren Ausdruck finden, sind wichtige Mechanismen zur Dämpfung und Umverteilung von Risiken wirtschaftlicher Akteure. Das Erschaffen und Aufrechterhalten institutioneller Arrangements, welche die dynamische Leistungsfähigkeit der Wirtschaft stützen, ist eine wichtige Aufgabe der Politik. Es gibt eine ganze Reihe politischer Maßnahmen, die darauf ausgerichtet sind, effiziente Selektionsmechanismen zu schaffen und zu erhalten wie z. B. Regulierungen des Wettbewerbs, des Markteintritts neuer Unternehmen oder des Zugangs zu Märkten. Auch die Generierung und Verbreitung wirtschaftlichen und technologischen Wissens ist ein Mechanismus zur Reduktion von Unsicherheit. Die effiziente Organisation der Wissensgenerierung und -verbreitung ist bei weitem die aufwendigste,

institutionelle Aufgabe in Verbindung mit der Unterstützung technologischen Wandels (vgl. Carlsson/ Staniewski 1991, S. 109 f.).

Untersuchung der Aktivitäten von Innovationssystemen

Untersuchungen und Vergleiche von Innovationssystemen beziehen sich je nach Untersuchungsansatz und Fragestellung auf nationale, regionale oder internationale Ebene, auf spezifische Sektoren oder Technologien. Dabei ergänzen sich die verschiedenen Ansätze eher als das sie sich gegenseitig ausschließen. Oftmals können z. B. regionale, sektorale oder technologische (Innovations-)Systeme in Vergleich zu und als Teil von NIS beschrieben oder auf die Bedeutung internationaler Beziehungen hin untersucht werden (vgl. Edquist 2005, S. 198 ff.; Carlsson/ Staniewski 1991, S. 114 f.).

Die Untersuchungen von Innovationssystemen können, wie bereits angesprochen, als Mehrebenenanalysen angelegt sein (vgl. Cooke 2009). Ihren Ausgangspunkt nehmen diese in der Beobachtung von Innovationssystemen, die sich in einer Region, einem Sektor und/oder in Bezug auf eine Technologie gebildet haben. Die untersuchten Beziehungen und Interaktionen der Systeme gehen meist über regionale, sektorale oder technologische Grenzen hinaus. Sie sind in einen nationale Rahmen eingebettet und so Teil des nationalen Innovationssystems. Sie reichen aber auch über nationale Grenzen hinweg als Teil internationaler Netzwerke. Die Bezeichnung der Systeme als nationale, regionale oder sektorale Innovationssysteme ist eine konzeptionelle Abgrenzung, die der Untersuchung real existierender Systemen mit weniger klar definierten Grenzen dienen (vgl. Cooke 2009, S. 94 ff.). Die Abgrenzung von Innovationssystemen auf verschiedenen Ebenen ist demnach keine real existierende Abgrenzung, sondern eine konzeptionelle Einführung von Grenzen zur Beschreibung und zum Vergleich der Systeme, die als analytischer Rahmen dient (vgl. Peter 2001, S. 52).

Edquist (2005) ergänzt die Konzepte der Innovationssysteme durch eine Analyse der Aktivitäten von Innovationssystemen, die unter Umständen höchst unterschiedlich ausfallen. Die Untersuchung von Aktivitäten ermöglicht die Analyse der komplexen Beziehungsstruktur der Systemteile und die zahlreichen, strukturellen Kopplungen mit anderen Systemen (vgl. ebda., S. 200).

Die generelle, gesellschaftliche Funktion von Innovationssystemen ist die Entwicklung, Anwendung Verbreitung von Neuheiten. Die Aktivitäten, welche die Innovationsprozesse maßgeblich beeinflussen, sind vielfältig und können in ihrer Wirkung nur selten eindeutig bestimmt werden. Obwohl es nicht möglich ist sämtliche Faktoren und ihren jeweiligen Beitrag zum Innovationsprozess zu erfassen, erscheint deren systematische Erforschung dennoch als notwendig. Zu diesen zählen u. a. FuE, Qualifizierung und Kompetenzaufbau, die Erschließung neuer Märkte, die Artikulation von Qualitätsansprüchen, das Schaffen von Finanzierungsmöglichkeiten und die Bereitstellung von Beratungs- und Serviceangeboten. Auch der Erhalt der Flexibilität und Offenheit der Systeme, durch die das Erschaffen neuer Organisationen und strukturelle Veränderung vorhandener Organisationen

ermöglicht wird, gehört zu den Aufgaben eines Innovationssystems. Der Aufbau von Beziehungen über die etablierten Systemgrenzen hinaus und damit das Einbeziehen anderer Organisationen sowie generell die Integration neuer Wissensbestände, ist ein wichtiger Faktor zur Unterstützung von Innovationsprozessen. Die Bedeutung einzelner Aktivitäten variiert je nach Innovationssystem (vgl. ebda., S. 189 ff.).

Edquist (2005) betont außerdem die Bedeutung der Verbindungen zwischen Universitäten und staatlichen Forschungseinrichtungen einerseits und innovativen Unternehmen andererseits. Regierungen können diese Zusammenarbeit stützen, Hindernisse von Kooperationen beseitigen und die Mobilität qualifizierten Personals zwischen verschiedenen Organisationen fördern. Außerdem können sie durch gezielte Förderung Möglichkeitsräume schaffen und Nischen für die Erprobung technologischer Innovationen bereitstellen. Innovationssysteme unterscheiden sich nach Art und Ausmaß der Kooperationen zwischen Organisationen verschiedener gesellschaftlicher Funktionssysteme. Die Bedeutung dieser Beziehungen für Innovationssysteme wird im Triple-Helix-Modell von Etzkowitz und Leydesdorff (2000) weiter vertieft, welches im folgenden Kapitel vorgestellt wird.

Die Beziehungen zwischen Akteuren und Organisationen von Innovationssystemen können unterschiedliche Formen annehmen. Diese reichen von Wettbewerbsbeziehungen, interaktiven Prozessen konkurrierender Organisationen, die Anreize für Innovationen geschaffen und beeinflussen, über Austauschbeziehungen, im Sinne des Austausches von Gütern, Dienstleistungen, technologischem und implizitem Wissen, bis hin zu Netzwerkbeziehungen, die überwiegend dem Austausch von Wissen durch Zusammenarbeit, Kooperation und langfristige Beziehungen dienen (vgl. Edquist 2005, S. 195 ff.).

2.2.3 Das Triple-Helix-Modell

Das Triple-Helix-Modell dient der Konzeption von Beziehungen zwischen Organisationen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik in Innovationssystemen. Dabei wird die Aufmerksamkeit darauf gerichtet, dass sich die an den Innovationsprozessen beteiligten Organisationen unterschiedlichen Funktionssystemen der Gesellschaft zuordnen lassen. Jedes Funktionssystem bildet einen „Strang“ der Triple-Helix, dessen Entwicklung zunächst gesondert betrachtet werden kann und einer eigenen Dynamik folgt. Die Metapher der Triple-Helix bringt zum Ausdruck, dass die Entwicklung von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik koevolutionär verläuft, wobei sich die Organisationen der verschiedenen Funktionssysteme gegenseitig beeinflussen (vgl. Etzkowitz und Leydesdorff 2000).

Das Triple-Helix-Modell beschreibt das Zusammenwirken wissenschaftlicher, wirtschaftlicher und politischer Dynamiken, die Innovationsprozesse leiten und aus dem heraus sich bspw. Technologie-

und Innovationsfelder entwickeln (vgl. Canzler/ Wentland/ Simon 2011). Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sind einerseits funktional abgegrenzte Gesellschaftsbereiche, weisen aber andererseits Verknüpfungen untereinander auf, da sie in einem gemeinsamen, gesellschaftlichen Kontext operieren, ihre Operationen eine bestimmte Technologie, Produktgruppe oder Dienstleistung betreffen und ihre Organisationen zueinander in Beziehungen stehen. In Innovationssystemen bilden sich Verbindungen zwischen Wirtschaft, Politik und Wissenschaft. Durch die Interaktion heterogener Organisationen entstehen unterschiedliche, aufeinander wirkende Triebkräfte, Verwerfungen und Konfliktpotentiale. „Durch die zunehmende Verschränkung und wechselseitige Infragestellung verschiedener Handlungslogiken, Normen und Leitbilder verändern sich an den Schnittstellen auch etablierte Akteurskonstellationen und disziplinäre Landkarten“ (ebda., S.4).

Nach dem Triple-Helix-Modell bilden sich die Grenzen von Systemen als Ergebnisse von Selektionsprozessen, wobei zunächst eine große Bandbreite von innovativen Möglichkeiten besteht. Die Selektionsmechanismen, nach denen Variationen von Technologie und Wissen bewertet werden, unterscheiden sich je nach Funktionssystem. Jedes Funktionssystem operiert mit Bezug auf seine spezifische Rationalität. Die Wirtschaft behandelt Wissen und Technologien unter den Verwertungskriterien des Marktes („*knowledge exploitation*“), das Wissenschaftssystem strebt nach der Genese und Verifikation von Wissen („*knowledge exploration*“), und das politische System bewertet Wissen und Technologie im Hinblick auf die entstehenden Möglichkeiten von Ressourcenkontrolle und Machtpotentiale („*organizational control*“). In Innovationssystemen, in denen Organisationen aus allen drei Funktionssystemen interagieren, werden die unterschiedlichen Selektionsmechanismen ständig neu kombiniert und beeinflussen sich gegenseitig, wodurch schrittweise Innovation entstehen (vgl. Leydesdorff/ Zawdie 2010).

Im Gegensatz zu Variation, deren Auftreten mehr oder weniger zufällig erscheint, ist Selektion nach dieser Vorstellung eine deterministische Operation. Selektion bearbeitet Variation aufgrund der Strukturen des jeweiligen Systems und der darin enthaltenen Selektionsmechanismen. Mit der Zeit und durch rekursive Selektionsprozesse - Selektion geschieht auf Basis vorheriger Selektion - bilden sich technologische Trajekte, die sich zu Pfaden verfestigen und sich zu technologischen Regimen oder Paradigmen entwickeln können. Als traditionelle Treiber („*drivers*“) der Entwicklung werden Wirtschaft und Politik angesehen, die sich koevolutionär im Sinne gegenseitiger Beeinflussung entwickeln. In wissensbasierten Ökonomien kommt als dritter Treiber die Dynamik der Wissensproduktion, -diffusion und -kontrolle durch die Wissenschaft hinzu (vgl. Lengyel/ Leydesdorff 2010; Leydesdorff/ Zawdie 2010).

Innerhalb der Innovationssysteme wird die Komplexität der potentiell divergenten und auf unterschiedlichen Rationalitäten beruhenden Entwicklungen toleriert. Die Unterscheidung der verschiedenen (System-)Rationalitäten in Wirtschaft, Politik und Wissenschaft ist funktional für die

weitere Entwicklung der Innovationssysteme. Die Wertschätzung alternativer Optionen in verschiedenen Funktionssystemen steigert die Kontingenz innerhalb der Innovationssysteme und ermöglicht so neue Entwicklungen (vgl. Leydesdorff/ Zawdie 2010).

Neue Entwicklungen entstehen ständig, unterliegen aber einem starken Selektionsdruck. In etablierten Innovationssystemen bestimmen vorherrschende Paradigmen die Selektionsprozesse. Auf das Auftreten neuer Entwicklungsmöglichkeiten reagieren die etablierten Systeme zunächst mit Abgrenzung und Differenzierung. Je verfestigter der Entwicklungspfad eines System ist, desto widerstandsfähiger („*resilient*“) ist es gegenüber Veränderungen (vgl. ebda.).

Modellhaft werden die drei Stränge der Triple-Helix als formal gleichgestellte Systeme dargestellt, aber tatsächlich haben die in ihnen primär wirkenden Selektionsmechanismen grundlegend unterschiedliche Wirkungen und Funktionen. Man kann deshalb davon ausgehen, dass diese asymmetrisch und asynchron wirken. Beispielsweise können zwei von drei Systemen sich für eine bestimmte Zeit koevolutionär entwickeln und wechselseitig Trajekte ausbilden, während neue Entwicklungen durch den Selektionsmechanismus des dritten Systems initiiert werden. Asymmetrie zeigt sich z. B. in den jeweiligen Möglichkeiten, die anderen Systeme zu beeinflussen. Universitäten und anderen wissenschaftlichen Einrichtungen wird weniger Einfluss auf die Entwicklung der anderen Systeme zugesprochen und Beobachtungen zeigen, dass sie oftmals von Wirtschaft und Politik auf unterschiedliche Arten vereinnahmt werden. Dennoch haben sie eine besondere Stärke: Sie versorgen die anderen, beiden Systeme mit eine kontinuierlichen Strom neuen, diskursiven Wissens (z. B. durch Veröffentlichungen und Patente) und neuen Wissensträgern (z. B. Studenten und Absolventen). Aus diesem Grund werden sie als einer der Hauptträger wissensbasierter Innovationssysteme angesehen. Der Wissensstrom stört und reformiert ständig das dynamische Gleichgewicht der beiden, anderen Systeme (vgl. ebda.; Godin/ Gingras 2000).

Die Annahmen des Triple-Helix-Modells lassen sich auf die Entwicklung der Automobilindustrie, die Fahrzeug- und Produktionstechnologie und die damit verbundenen Innovationssysteme übertragen. Die verschiedenen Subsysteme in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, die an der Forschung, Entwicklung, Produktion, Vermarktung, Nutzung, Regulierung und Förderung der Automobiltechnologie beteiligt sind, entwickeln sich koevolutionär. Sie orientieren sich dabei am vorherrschenden, technologischen Paradigma der Automobilität, dessen Kern das Auto mit einem auf dem Verbrennungsmotor basierenden Antriebssystem als universales Verkehrsmittel ist. Eine revolutionäre Transformation des technologischen Paradigma der Automobilität hin zur Elektromobilität erscheint deshalb zunächst unwahrscheinlich. Allerdings erhöht sich der externe, ökonomische und ökologische Druck aus der Umwelt der beteiligten Systeme, so dass vermehrt neue Varianten erprobt werden. Wie weit reichend diese Veränderungen wirken, kann nur rückwirkend bewertet werden. Innovationsprozesse bleiben nicht auf technische Veränderungen des

Antriebssystem und des Automobils beschränkt, sondern implizieren vielfältige Folgeinnovationen und setzen diese voraus. Elektromobilität verändert nicht nur die Strukturen der Wirtschaft sondern auch die Beziehungen zu anderen Branchen sowie die Kooperationsstrukturen zwischen Organisationen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.

Zusammenfassend lässt sich über Innovationssysteme festhalten, dass diese Interaktionen zwischen Organisationen umfassen, die Innovationsprozesse sowie die Rahmenbedingungen für das Ausmaß und die Richtung dieser Prozesse beeinflussen. Die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie formieren sich um das Produkt Automobil, das den Kern eines technischen Systems bildet und um dessen Entwicklung, Produktion, Vermarktung und Instandhaltung die Branchenstrukturen organisiert sind. Die Innovationssysteme, welche die Innovationen im Bereich Elektromobilität, d. h. die Entwicklung von Elektrofahrzeugen, deren Verbreitung und Vermarktung, der Aufbau erforderlicher Infrastruktur und neue Geschäfts- und Nutzungsmodelle, bilden sich auf unterschiedlichen Ebenen, z. B. in bestimmten Regionen, zwischen den etablierten Akteuren der Automobilindustrie und neuen Akteuren, teilweise auch vollständig außerhalb der etablierten Innovationssysteme der Automobilindustrie. Um die damit einhergehenden, strukturellen Veränderungen der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie genauer analysieren zu können, muss zunächst eine Konzeptualisierung des Wandels, besonders des Wandels der Strukturen von Innovationssystemen vorgenommen werden. Dazu werden im Folgenden zunächst grundlegende Frage nach der Systemhaftigkeit der Innovationssysteme geklärt und die zuvor diskutierten Konzepte durch eine soziologisch-systemtheoretische Fundierung ergänzt. Innovationssysteme werden dabei als soziale Systeme konzipiert. Anschließend werden die Beziehungen zwischen Organisationen verschiedener, gesellschaftlicher Funktionssysteme innerhalb von Innovationssystemen, so wie sie im Triple-Helix-Modell beschrieben werden, und deren koevolutionäre Entwicklung weiter vertieft.

2.3 Strukturwandel von Innovationssystemen

Die in Kapitel 2.2 diskutierten Konzepte beziehen sich zwar auf *Innovationssysteme*, verfolgen aber selten einen explizit systemtheoretischen Ansatz. Sie orientieren sich primär an evolutionsökonomischen Ansätzen. Diese haben mit der Systemtheorie die Konzeption von Entwicklung als Evolution gemeinsam. Die Ergänzung der Konzepte der Innovationssysteme durch eine soziologisch-systemtheoretische Vorstellung von sozialen Systemen und deren Wandel bietet die Möglichkeit die Systemhaftigkeit und den Strukturwandel von Innovationssystemen genauer zu beschreiben. Hierbei

erscheint vor allem die neuere Systemtheorie im Anschluss an Niklas Luhmann als für die weitere Analyse besonders ergiebig.

Der Systembegriff wird in der Innovationsforschung in der Regel nicht als Ordnungsschema verwendet, sondern verweist auf ein Gebilde von Elementen, die zueinander in Beziehung stehen. Der Systemgedanke kommt in der Erkenntnis zum Ausdruck, dass neben Akteuren deren Beziehungsgeflechte und Kooperationen zentral für Innovationsprozesse sind. Die Betrachtung der Entwicklung einer Innovation setzt die Analyse der Beziehungen und Interaktionen der an Innovationsprozessen beteiligten Systeme voraus. Innovationen entstehen in der Interaktion zwischen Organisationen. Systeme bestehen aus zirkulären Verbindungen von Elementen. Der Systemcharakter drückt sich in der gegenseitigen Beeinflussung und Wechselwirkungen der Elemente aus. Innovationssysteme werden oftmals als offene Systeme konzipiert, die aufgrund von Interaktionen mit anderen Systemen in Verbindung stehen, wobei jedes System Teil eines übergeordneten Systems und wiederum intern in Subsysteme differenziert ist (vgl. Bertram 2011, S. 56 f.; Peter 2001, S. 49 ff.).

Den verschiedenen Konzepten von Innovationssystemen gemeinsam ist das Bestreben, die komplexe Entwicklung von Innovationsprozessen zu untersuchen. Diese Untersuchung umfasst in der Regel die Akteure des Innovationssystems wie Unternehmen, Universitäten, Forschungseinrichtungen usw., die Institutionen im Sinne von der „Spielregeln“ des Systems, die das Verhalten der Akteure leiten, sowie die Verbindungen zwischen Akteuren, die z. B. in Zulieferbeziehungen, Kooperationen, Wettbewerb, Förderung, Wissenstransfer zum Ausdruck kommen (vgl. Bertram 2011, S. 56 ff.).

Dabei liegt eine grundsätzliche Schwierigkeit, die sich aus der Verwendung des Systembegriffs ergibt, in der Beschreibung der Komplexität der Wechselwirkungen zwischen den Elementen, die quasi unendlich sind und eine vollständige Analyse der Relationen nahezu unmöglich erscheinen lassen. Aufgrund der Komplexität der möglichen Interaktionen wird zur Erklärung der Funktions- und Wirkungsweise in der Regel eine Verkleinerung der Analyseeinheit vorgenommen, z. B. durch nationale, regionale, sektorale oder technologische Begrenzung der Systeme (vgl. Peter 2001, S. 52).

Problematisch für die Analyse von Innovationssystemen aus Sicht der Innovationsforschung ist außerdem die Dynamik der Systeme. Die Elemente der Innovationssysteme verändern sich einerseits durch externe Faktoren und Schocks, andererseits durch systemeigene Veränderungen ständig. Innovationssysteme unterliegen evolutionäre Diskontinuitäten, die dazu führen, dass sich die Systeme nie auf einen Gleichgewichtszustand hin, sondern immer von einem Gleichgewichtszustand weg entwickeln (vgl. Peter 2001, S. 52 f.).

Die Beziehungen und Interaktionen zwischen an Innovationsprozessen beteiligten Akteuren sind zentral für die verschiedenen Konzepte der Innovationssysteme. Eine systemtheoretische Fundierung dieser Konzepte liegt dabei nahe, denn die Erfassung und Erklärung der Interaktion sozialer Akteure ist ein wesentliches Anliegen der soziologischen Systemtheorie. Soziale Phänomene können dem-

nach primär aus den spezifischen Formen des Zusammenwirkens der an ihrer Produktion beteiligten Systeme erklärt werden. Ein weiterer Grund, der für eine systemtheoretische Ergänzung der Konzepte spricht, ist die darin enthaltene Auseinandersetzung mit gesellschaftlicher Komplexität und ihrer Reduktion durch Organisation. Die Systemtheorie verfügt über Begrifflichkeiten und Konzepte zu Beschreibung nichtlinearer Wirkungsverläufe und zirkulärer Prozesse, an denen eine Vielzahl und Vielfalt autonomer Partner beteiligt ist. Die soziologische Systemtheorie beschreibt die Entwicklung moderner Gesellschaften als einen fortlaufenden Ausdifferenzierungsprozess von Systemen. Die ausdifferenzierten Systeme erfüllen im Gesamtsystem der Gesellschaft spezialisierte Funktionen. Die Entstehung von Systemen lässt sich über ihre funktionale Orientierung erklären (vgl. Bratl et al. 2002, S. 4).

Die soziologische Systemtheorie weist zahlreiche Parallelen zu den vorher genannten Konzepten der Innovationssysteme auf, sowohl in Bezug auf die Verwendung bestimmter Begriffe als auch in Bezug auf wesentliche Grundannahmen der Konzepte. Die Konzepte der Innovationssysteme, die teilweise auf verschiedene, theoretische Hintergründe zurückgreifen, weisen allerdings zahlreiche Ungenauigkeiten, vor allem bei der Definition und Verwendung einiger Schlüsselbegriffe auf. Zu diesen gehören unter anderem die Begriffe „System“, „Organisation“, „Akteur“, „Institution“, „Beziehung“ und „Koevolution“. Die soziologische Systemtheorie besitzt eine gut ausgearbeitete und konsistente Begriffsarchitektur, die eine Ableitung theoretischer Erwartungen ermöglicht. Sie liefert eine Mehrebenen-Theoriearchitektur des Sozialen, in der Akteure in Organisationen, Organisationen als Akteure und deren komplexen Beziehungen beschreibbar werden (vgl. Fuhse 2009, S. 75 ff.).

Aus diesem Grund erscheint die soziologische Systemtheorie besonders geeignet die unterschiedlichen Perspektiven auf Innovationssysteme und deren strukturellen Wandel begrifflich und konzeptionell zu fassen und zu vertiefen. In dieser Arbeit werden aus der Fülle der systemtheoretischen Begriffsarchitektur nur die Begriffe und damit verbundenen Grundannahmen diskutiert, die zur weiteren Analyse von Innovationssystemen als soziale Systeme und deren Strukturwandel bedeutsam sind⁶.

In den vorangegangenen Kapiteln und den vorgestellten Konzepten lag der Fokus im Wesentlichen auf den Innovationen, die durch Innovationssysteme hervorgebracht werden. Im Folgenden soll nun die Entwicklung – die Innovation – der Innovationssysteme selbst diskutiert werden. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass es sich bei Innovationssystemen um dynamische Systeme handelt, die sich evolutionär entwickeln. Der Wandel der Innovationssysteme wirkt auf deren gesellschaftliche Umwelt zurück und bewirkt koevolutionäre Entwicklungen der verschiedenen gesellschaftlichen Funktionssysteme und der darin ausdifferenzierten Organisationen, vor allem in der Wirtschaft,

⁶ Die umfassende und komplexe Theorie sozialer Systeme von Luhmann (1984) und deren Weiterentwicklung in Luhmanns späteren Werken kann hier nur sehr verkürzt und stark vereinfacht dargestellt werden.

Wissenschaft und Politik. Organisationen dieser Funktionssysteme sind die „Träger“ der Innovationssysteme, welche durch die Interaktion und Kommunikation dieser Organisationen konstituiert sind.

2.3.1 Innovationssysteme als soziale Systeme

Um Innovationssysteme im systemtheoretischen Sinne als soziale Systeme konzipieren zu können, werden im Folgenden die in diesem Zusammenhang wichtigen Begriffe und Annahmen der soziologischen Systemtheorie, im Wesentlichen im Anschluss an ihren wichtigsten, deutschen Vertreter, Niklas Luhmann, vorgestellt. Niklas Luhmann zielt mit seiner Theorie sozialer Systeme auf ein besseres Verständnis für die internen Prozesse sozialer Systeme, die seiner Auffassung nach weder als „Black-Box“ behandelt, noch als „Trivialmaschinen“ verstanden werden sollten, und für das Nebeneinander von Systemen in modernen Gesellschaften (vgl. Fuhse 2006, S. 290).

Der Systembegriff beschreibt allgemein eine Menge von Elementen holistisch in einer neutralen Außenperspektive. Ein System ist im weitesten Sinne definiert als „eine interdependente Ordnung von Prozessen bzw. Relationen zwischen Einheiten“ (Fuhse 2009, S. 69). Somit meint der Systembegriff zunächst, dass eine bestimmte Menge von Elementen eine eigene Ordnung hat. Durch seine Ordnung ist das System von anderen Elementen, also von seiner Umwelt, abgetrennt. Durch die Betonung der Ordnung von Prozessen rückt der Systembegriff den Zusammenhang zwischen Handlungen in den Mittelpunkt theoretischer Überlegungen. Nicht einzelne Handlungen und individuelle Motive bestimmen soziale Prozesse, sondern die Ursachen der Handlungen liegen in den darüber liegenden Prozessen und Strukturen. Die soziologische Systemtheorie fragt also danach, was einzelne Handlungen anleitet, wie diese im System verarbeitet bzw. wie Anschlussmöglichkeiten hergestellt werden (vgl. Fuhse 2006, S. 289).

Die soziologische Systemtheorie baut auf der Entwicklung der allgemeinen Systemtheorie auf. Diese ist eine interdisziplinäre Bewegung, in der seit der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ein allgemeines Modelle für Systemstrukturen und -prozesse entwickelt wurde, das seinen Ursprung einerseits in der Erforschung von Informations- und Steuerungsprozessen von Maschinen und andererseits in der Biologie hat. Wichtige Autoren sind etwa Norbert Wiener, Ludwig von Bertalanffy, Ross Ashby, Francesco Varelo und Humberto Maturana (vgl. ebda., S. 290).

Systeme weist gegenüber ihren Elementen emergente Eigenschaften auf, d. h. die Strukturen und Prozesse ergeben sich nicht aus den Eigenschaften oder Handlungen der Akteure, sondern entstehen erst in deren Zusammenspiel. Mit Akteuren sind hier sowohl individuelle Akteure, d. h. Personen, gemeint, die z. B. in ihrer Funktion als Mitglied einer Organisation auftreten können, als auch korporative Akteure, d. h. Organisationen. Die Einheit eines Systems besteht in dem Ziel, auf das hin

seine Strukturen und Prozesse ausgerichtet sind (vgl. ebda., S. 290 ff.). Trotz ihrer prinzipiellen Abgrenzung von der Umwelt, ihrer operativen Geschlossenheit, stehen die verschiedenen Systeme miteinander in komplexen Wechselbeziehungen. Diese strukturelle Kopplung der Systeme leistet eine begrenzte, wechselseitige Abstimmung der Systemdynamiken (vgl. Luhmann 1997, S. 778 ff.).

Soziale Systeme

Die soziologische Systemtheorie fokussiert sich auf die Betrachtung soziale Systeme. Sozialwissenschaftlich konzipiert sind soziale Systeme interdependente Ordnung von Interaktions- und Kommunikationsprozessen zwischen (korporativen oder individuellen) Akteuren, die eigenen Gesetzen folgen, sich aus ihrer Umwelt ausdifferenziert und relativ stabil sind. Die Grenzen zwischen System und Umwelt sind einerseits sinnhaft durch wissenschaftliche Beobachtung bestimmbar, andererseits sind sie aber auch selbst sinnhaft in der sozialen Welt bestimmt, d. h. die Mitglieder einer Gesellschaft unterscheiden z. B. zwischen verschiedene Organisationen und Funktionssystemen (vgl. Fuhse 2009, S. 69 f.).

Zentral für Luhmanns Theorie sozialer Systeme sind die Konzepte der Selbstreferenzialität und der Autopoiesis. Soziale Systeme sind, wie auch biologische und psychische Systeme, selbstreferentielle und autopoietische Systeme (vgl. Luhmann 1984). Selbstreferenziell meint, dass die Operationen im System immer an vorhergehende Operationen im System anschließen. Die Prozesse in einem System sind in dem Sinne pfadabhängig, da sie aneinander anschließen, und relativ unabhängig von Prozessen in ihrer Umwelt sind. Autopoiesis meint, dass die Erwartungsstrukturen, an denen sich Prozesse in Systemen orientieren, im selbstreferentiellen Prozessieren im System entstehen (vgl. Fuhse 2006, S. 299; Luhmann 1997, S. 65).

Soziale Systeme bilden sich immer dann, wenn zwei oder mehr Personen bzw. psychische Systeme sich wechselseitig wahrnehmen. Solche einfachen Sozialsysteme oder auch Interaktionssysteme setzen also zunächst die Anwesenheit von Beteiligten voraus. Die Grundoperation sozialer Systeme ist Kommunikation. Soziale Systeme sind demnach selbstreferenzielle, autopoietische Kommunikationssysteme. Sie sind operative geschlossen, d. h. sie reproduzieren sich dadurch, dass sie fortlaufend Kommunikation an Kommunikation anschließen, und strukturell an ihre Umwelt gekoppelt, d. h. sie sind auf ihre Umwelt, z. B. auf psychischen Systeme, angewiesen, ohne in ihnen aufzugehen. Psychische Systeme, das Bewusstsein der Menschen, sind „Träger“ aber nicht Teil sozialer Systeme (vgl. Luhmann 2005, S. 26 f., 1984, S. 191 ff.; Bratl et al. 2002, S. 17 f.; Bratl/ Trippl 2001, S. 42).

Die soziologische Systemtheorie betont mit der Konzeption sozialer Systeme als selbstreferenziell und autopoietisch die Eigenlogik der Operationen des Systems, die Erwartungsstrukturen ausbilden, die von einzelnen Menschen unabhängig sind. Somit werden nicht die Handlungen von einzelnen Individuen sondern die interaktiven Prozesse zwischen Menschen zum Ausgangspunkt sozialer

Phänomene gemacht. Bereits Talcott Parsons, in dessen Anschluss und Kritik Luhmann seine Theorie formuliert, betont die Bedeutung von Erwartungsstrukturen in sozialen Systemen, die dazu dienen die Unsicherheit in der Interaktion zwischen Akteuren zu überwinden. Die Strukturen eines sozialen Systems sind Erwartungsstrukturen, welche die Handlungen des Systems ordnen, in dem sie die Vielfalt möglicher Anschlusskommunikation auf ein Set von Wahlmöglichkeiten einschränken. In diesem Sinne besteht die Struktur des Systems „in der Einschränkungen der im System zugelassene Relationen“ (Luhmann 1984, S. 384). Erwartungsstrukturen reduzieren die Unsicherheit der Zukunft und machen so Anschlusskommunikation bestimmbar und kalkulierbar. Strukturen sind somit Bedingungen der Autopoiesis von Systemen. Strukturen realisieren sich im Fortgang von Operation zu Operation, indem sie verwendet werden oder nicht verwendet werden. (vgl. Luhmann 1998, S. 430 ff., 1984, S. 377 ff.; Fuhse 2009, S. 74, 2006, S. 292, 299; Bratl/ Tripl 2001, S. 64).

Die Grenzen des sozialen Systems sind immer durch das System selbst festgelegt. Jedes System muss sich durch seinen Operationen von der Umwelt differenzieren, die System-Umwelt-Differenz beständig beobachten und auf Umweltveränderungen reagieren. Entscheidend für die Grenzziehung ist die Funktionalität der Prozesse in System. Die Funktion des Systems ist Teil der sinnhaften Orientierung von Handlungen und Kommunikationsprozessen. Die Orientierung an einer Funktion sorgt für die Einheit des Systems, dessen Grenzen dort zu finden sind, wo Handlungen und Kommunikationen nicht mehr an der Funktion orientiert sind (vgl. Fuhse 2009, S. 70 ff.).

Luhmann (1997) beschreibt die moderne Gesellschaft als primär funktional differenziert. Funktionale Differenzierungsprozesse führen zu einem Nebeneinander von Teilsystemen der Gesellschaft mit einer jeweiligen Eigenlogik, die eigenständige und autonome Bereiche in der Gesellschaft bilden, aber dennoch über strukturelle Kopplungen miteinander in komplexen Wechselbeziehungen stehen. Diese Funktionssysteme der Gesellschaft sind intern wiederum funktional differenziert. Die jeweiligen Funktionen dienen den Teilsystemen als „unverwechselbarer Bezugspunkt“ (Luhmann 1997, S. 748) für Kommunikation. Sie ziehen ihre Grenzen anhand dieser Funktionen und mit Hilfe jeweils spezifischer Codes. (vgl. ebda., S. 745 ff., 778 ff.; Fuhse 2006, S. 291 f., 299 f.).

Zusätzlich zu der Funktion dienen Kontingenzformeln innerhalb der Systeme dazu, der Kommunikation im System einen letzten, nicht hinterfragbaren, aber fiktiven Bezugspunkt zu geben. Des Weiteren bedienen sich Funktionssysteme je spezifischer, symbolisch generalisierter Kommunikationsmedien, welche die Wahrscheinlichkeit der Annahme von Sinnangeboten steigern. Die Medien dienen so der Strukturierung von Erwartungen. Systemspezifische Medien sorgen dafür, dass Prozesse als einem System zugehörig identifiziert werden können. Medien lassen sich zwar einem spezifischen Funktionssystem zugeordnet, in dem sie dominieren, kommen aber auch in anderen Funktionssystemen vor. Auf dem Medium aufbauend wird alle Kommunikation eines Funktionssystems durch einen spezifischen, binären Code geleitet. Die binären Codes der Funktions-

systeme haben globale Relevanz in der gesellschaftlichen Wirklichkeit. Alles lässt sich aus der Perspektive eines bestimmten Teilsystems betrachten. Die Zuteilung der Codes wird wiederum durch Programme geregelt. Da die Codes zu wenige Strukturvorgaben für die Bildung von Kommunikation machen, müssen sie von weiteren Erwartungsstrukturen in Form von Programmen flankiert werden. Programme sind „... vorgegebene Bedingungen für die Richtigkeit der Selektion von Operationen“ (Luhmann 1986a, S. 91). Programme geben in normativer Hinsicht durch Regeln und in kognitiver Hinsicht durch Denkmuster Orientierung. Die Merkmale der Funktionssysteme sorgen dafür, dass die Funktionssysteme eine je eigene Dynamik, eine eigenen Art der Beobachtung der Umwelt und eine eigene Strukturen aufweisen (vgl. Schimank 2007, S. 142 f.; Fuhse 2009, S. 70 f.; 2006, S. 300 f.). Abbildung 1 liefert eine Übersicht über die Merkmalsausprägungen der für diese Arbeit vor allem relevanten Funktionssysteme Politik, Wirtschaft und Wissenschaft.

Tabelle 2.1: Merkmale der Funktionssysteme Politik, Wirtschaft und Wissenschaft nach Luhmann

	Politik	Wirtschaft	Wissenschaft
<i>Funktion</i>	Bereithaltung der Kapazität zu kollektiv bindenden Entscheidungen	Sicherstellung von Versorgung bei Knappheit	Erkenntnisgewinn
<i>Kontingenzformel</i>	Gemeinwohl	Knappheit	Limitationalität
<i>Medium</i>	Macht	Geld	Wahrheit
<i>Code</i>	Regierung/ Opposition	Zahlung/ Nicht-Zahlung	Wahr/ unwahr
<i>Programm</i>	Politische Programme	Preise	Theorien, Methoden

Quelle: Fuhse 2006, S. 301

Die Teilsysteme konzipiert Luhmann als prinzipiell gleichrangig in der Gesellschaft, da jedes eine spezifische Funktion erfüllt, die nicht von einem anderen System übernommen werden kann. Das Zusammenwirken der Systeme einer funktional differenzierten Gesellschaft lässt sich nicht mehr als Arbeitsteilung beschreiben. Stattdessen orientieren sich die Funktionssysteme an Leitdifferenzierungen, d. h. an den spezifischen, binären Codes. Aus dieser Perspektive kann es keine Arbeitsteilung zwischen den Systemen geben sondern Komplementarität. Eine vollständige Steuerung der Gesellschaft durch ein System, z. B. durch die Politik, ist deshalb nicht möglich. Durch strukturelle Kopplungen haben Systeme zwar die Möglichkeit andere Systeme zu beeinflussen, aber sie machen sich auch von den anderen Systemen abhängig. Eine strukturelle Kopplung besteht z. B. über Steuern zwischen Politik und Wirtschaft. Die Politik kann zwar durch Steuern regulierend in die Wirtschaft eingreifen, ist aber in ihren Handlungen eingeschränkt, da ihre Finanzierung von Steuern abhängig ist. Die selbstreferenzielle Geschlossenheit der Systeme sorgt dafür, dass Umweltkontakte oder -impulse in einer Weise verarbeitet werden, welche die Identität der Teilsysteme beibehält,

indem diese „umcodiert“ werden. Durch Programme werden aber auch Elemente von außen in die Teil-systeme hereingetragen. Da binäre Codes gesellschaftliche Relevanz erlangen, wodurch sie in der Lage sind Teilsysteme zu konstruieren, greifen sie auch auf andere Sphären über. Eine Folge der Ausdifferenzierung ist die Zunahme von außen hereingetragener Elemente in der Programmstruktur der Funktionssysteme. Die Autonomie der Teilsysteme bedeutet eben keine Unabhängigkeit, so dass diese trotz zunehmender, gegenseitiger Abhängigkeit ihre Autonomie bewahren, solange sie ihren spezifischen Code beibehalten (vgl. Schimank 2007, S. 142 ff.; Fuhse 2006, S. 302).

Durch die Ausdifferenzierung und Autonomie der gesellschaftlichen Funktionssysteme entsteht einen Überschuss an Möglichkeiten. Um die dadurch stehenden Unbestimmtheiten und Unsicherheiten in vorläufige Sicherheit zu transformieren, differenzieren sich Organisationen aus. Organisationen bilden Kernkompetenzen in Bezug auf Funktionssysteme aus. Luhmann (2000) spricht von Organisationen eines Funktionssystems im Sinne von Organisationen als Teilsysteme eines Teilsystems der Gesellschaft. Man kann demnach eine Primärzuordnung der Organisationen zu den Funktionssystemen vornehmen, da diese meist an einem Teilsystem orientiert sind. Kommunikation zwischen Funktionssystemen kann nur als Kommunikation zwischen Organisationen stattfinden (vgl. Schimank 2007, S. 153 f.; Luhmann 2000, S. 221; 348; 388; 408 ff.; Martens 2001, S. 355 ff.).

Organisationen als organisierte, soziale Systeme sind Einheiten rekursiv aufeinander bezogener, entscheidungsförmiger Kommunikationen. Entscheidungen sind die Grundoperationen von Organisationen, weitere Operationen, wie Handlungen oder informelle Kommunikation, setzen Entscheidungen voraus. Eine Entscheidung ist eine kommunizierte Hervorhebung einer präferierten Alternative: A und nicht B. Organisationen erscheinen als, im Vergleich zu Funktionssystemen, relativ fest gekoppelt, relativ hierarchisch und von der Umwelt abgegrenzt. Sie regulieren die Inklusion und Exklusion von Menschen, während die Funktionssysteme aufgrund ihrer Universalität grundsätzlich alle Menschen einschließen (vgl. Martens 2001, S. 355 ff.; Luhmann 2000, S. 68, 132 f; 190 ff.).

Strukturen von Organisationen nehmen die Form von Entscheidungsprämissen an. Entscheidungsprämissen haben für mehr als eine Entscheidung Bedeutung und sind somit Regeln, die ohne weitere Prüfung als Basis für zukünftige Entscheidungen herangezogen werden können. Sie betreffen vor allem Entscheidungsprogramme, Kommunikationswege und Personaleinsatz. Anhand von Entscheidungsprämissen können Organisationen voneinander unterschieden werden, da diese auf die Entscheidungen des Systems zurückgeführt werden können. Jede Organisation kann davon ausgehen, dass die gleichen Entscheidungsprämissen nicht oder höchstens zufällig in der Umwelt gelten (vgl. Luhmann 2005, S. 410 f., 2000, S. 238; Martens 2001, S. 357).

Organisationen sind beständig mit Grenzziehung und der Herstellung von Entscheidungsfähigkeit beschäftigt. Dies geschieht auf Basis interner Entscheidungen und formaler Mitgliedschaft. Entscheidend für die Einheit eines Systems ist, dass Entscheidungen und Handlungen diesem zu-

geschrieben und entsprechende Handlungserwartungen an sie geknüpft werden können (vgl. Fuhse 2009, S. 73 f.).

Luhmann (2000) weist darauf hin, dass sich die Rationalität einer Organisation auf das im Organisationssystem selbst beobachtete Verhältnis von Organisation und Umwelt bezieht. Organisationen beobachten mit Hilfe der Unterscheidungen „Prognose/Erinnerung“ das Verhältnis von Organisation und Umwelt, um Verbesserungsmöglichkeiten der organisationalen Operationen zu identifizieren. Diese Organisationsrationalität darf wegen ihres spezifischen Referenzsystems keineswegs mit gesellschaftlicher Rationalität verwechselt werden. Die Denk-, Kommunikations- und Handlungsweisen von Organisationen sind somit kontingente Beobachtungsweisen, die nicht auf die Gesamtgesellschaft übertragen werden können (vgl. Martens 2001, S. 355; Luhmann 2000, S. 463 ff.).

Innovationssysteme

Die Systemtheorie bietet eine Mehrebenenarchitektur des Sozialen. Soziale Systeme bilden sich auf unterschiedlichen Ebenen aus: auf der Makroebene in Form gesellschaftlicher Funktionssysteme, auf der Mesoebene in Form mehr oder weniger stark formalisierte Organisationen und auf der Mikroebene in Form von Interaktionssystemen. Soziale Systeme bilden sich durch die Interaktion von Akteuren. Für die Beschreibung von Organisationen und ihrem Wandel bietet diese den Vorteil, dass individuelle Akteure in Organisationen als Mitglieder und Organisationen als korporative Akteure betrachtet werden können. Akteure aus unterschiedlichen Systembereichen treffen aufeinander und interagieren über Systemgrenzen hinweg, wodurch sich neue soziale Systeme bilden (vgl. Fuhse 2009, S. 76 f.)

Mit struktureller Kopplung beschreibt Luhmann Prozesse, in denen verschiedene systemische Logiken aufeinander treffen. Darunter fallen ganz unterschiedliche Phänomene, deren Gemeinsamkeit in der Funktion der Abstimmung zwischen verschiedenen Systemen besteht. Kopplungen sind in Verbänden, Organisationen, Netzwerken oder unpersönlichen Erwartungsstrukturen wie Steuern oder der Verfassung zu finden (vgl. Fuhse 2009, S. 73).

Aus systemtheoretischer Perspektive lassen sich Innovationssysteme als Interorganisationssysteme konzipieren, die durch die Interaktion von individuellen und korporativen Akteuren gebildet werden. Interorganisationssysteme konstituieren sich durch die dauerhafte, zweckbezogene und mehr oder weniger stark formalisierte Kommunikation unterschiedlicher Akteure. Beispiele weiterer Ausprägungen von Interorganisationssystemen sind Netzwerke, Cluster, Wertschöpfungsketten und intermediäre Organisationen. Innovationssysteme werden somit als emergente Kommunikationssysteme konstituiert, die aus der Kommunikation und den Interaktionen der beteiligten individuellen und kollektiven Akteure bestehen, nicht aber aus den Akteuren selbst. Diese bleiben Umwelt für einander und die Innovationssysteme (vgl. Fuhse 2009, S. 73; Bratl et al. 2002 S. 8 ff.).

Konstitutionsprozesse von Innovationssystemen sind keine zufälligen Ereignisse. Eine dauerhafte, systembildende Form nehmen die Kommunikation und Interaktionen der verschiedenen Akteure nur dann an, wenn diese Vorteile für die beteiligten Organisationen produzieren. Über die Prozesse der Innovationssysteme erschließen sich den beteiligten Organisationen Möglichkeiten, die ihnen ansonsten nicht zugänglich wären. Für Innovationssysteme gilt demnach, wie für alle sozialen Systeme, dass ihre Systembildung eine Funktion innerhalb der differenzierten Gesellschaft erfüllt (vgl. Bratl et al. 2002, S. 10).

Die zunehmende Zahl von Interorganisationssystemen unterschiedlicher Komplexität in den letzten Jahren lässt sich mit deren wirtschaftlicher Bedeutung erklären. Bei der Bewältigung grundlegender Änderungen der Marktanforderungen, z. B. zunehmend differenzierter werdendes Konsumentenverhalten, wachsende Instabilität der Märkte, globalisierungsbedingte Zunahme des Wettbewerbsdrucks und dem dadurch entstehenden Erfordernis permanenter Innovations- und Wissensgenerierung, kommt Innovationssystemen eine strategische Bedeutung zu. Viele Organisationen sind nicht in der Lage ausreichende Eigenkomplexität zu entwickeln, um mit der zunehmenden Differenzierung und Komplexität der Gesellschaft Schritt halten zu können, ohne ineffizient zu werden. Interorganisationssysteme bieten eine Möglichkeit mit wachsender Komplexität produktiv umzugehen. Die Entwicklung von Interorganisationssystemen stellen so Bewältigungsstrategie zum Umgang mit Komplexität und beschleunigter Gesellschaftsentwicklung dar. Die Interaktion mit Akteuren, die komplementäre Kompetenz besitzen, ist eine effektive Möglichkeit zur Verbesserung der Komplexitätsverarbeitung (vgl. Bratl/ Tripl 2001, S. 33, S. 54 ff.).

In intermediären Interorganisationssystemen, in denen Repräsentanten aus unterschiedlichen Funktionssystemen interagieren, findet Kommunikation zwischen Funktionssystemen statt. Organisationen können in Interorganisationssystemen interagieren, ohne ihren jeweiligen Status als Einheit in Frage zu stellen. Da die Kommunikation in intermediär angelegten Interorganisationssystemen von sehr unterschiedlichen Organisationen wie Großkonzernen, mittelständischen und kleinen Betrieben, wissenschaftlichen Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen und staatlichen Verwaltungsstellen angeregt und getragen wird, erscheint eine dauerhafte und formalisierte Systembildung aus systemtheoretischer Sicht unwahrscheinlich, da die Operationen der beteiligten Organisationen an sehr unterschiedlichen Logiken ausgerichtet sind. Systembildung von Innovationssystemen beschreibt also keinen automatischen Prozess, sondern setzt eine Leistung der beteiligten Akteure voraus (vgl. Fuhse 2009, S. 73; Bratl/ Tripl 2001, S. 57 f.).

Um Innovationssysteme als selbstreferenzielle und autopoietische Systeme definieren zu können, müssen diese sich aus ihrer Umwelt im Hinblick auf eine bestimmte Funktion ausdifferenzieren können. Innovationssysteme müssen ihre Operationen an einem gemeinsamen Ziel orientieren und spezifische Strukturen ausprägen. Aufgabe und Ziel eines Innovationssystems ist im Allgemeinen die

Produktion und den Austausch von Wissen zwischen Akteuren zu beschleunigen und Innovationen voranzutreiben, indem Akteure verschiedener Funktionssysteme, die an der Entwicklung und Diffusion einer Innovation beteiligt sind, ihre Aktivitäten aufeinander abstimmen. Die Entwicklung einer Innovation bedarf eines stetigen Informations- und Wissensaustausch zwischen den beteiligten Akteuren. Je stabiler die Beziehungen sind, desto intensiver ist der Austausch zwischen den Akteuren (vgl. Bertram 2011, S. 59; Bratl et al. 2002, S. 8).

Verschiedene Akteure sind in der Lage sich auf Kommunikation mit anderen Akteuren einzulassen, solange sich ein gemeinsames Ziel definieren lässt, ohne das die beteiligten Akteure ihren system-spezifischen Zielen und damit ihre Identität aufgeben müssen. So kann in einer Kooperation zwischen einer Wissenschafts- und einer Wirtschaftsorganisation die Wirtschaftsorganisation das Streben nach Erkenntnisgewinn der Wissenschaftsorganisation unterstützen, z. B. mit verschiedenen Ressourcen, solange dieser einen wirtschaftlichen Nutzen verspricht; und andersherum kann die Wissenschaftsorganisation das Gewinnstreben der Wirtschaftsorganisation unterstützen, z. B. mit der Produktion anwendbaren Wissens, solange dadurch ein Erkenntnisgewinn erzielt wird. Trotz unterschiedlicher Referenzen können die Systeme interagieren, ohne dabei ihre spezifischen Ziele aufzugeben. Beide Medien, Geld und Wahrheit, werden in der Kommunikation genutzt, wobei von einer ständigen Reinterpretation der Kommunikation des einen Systems durch das andere System ausgegangen werden kann.

In einem Innovationssystem, gebildet aus Akteuren der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, ist es dabei nicht notwendig sogar hinderlich, wenn die Systeme die jeweilige Systemreferenz des anderen vollständig nachvollziehen. Wenn sich ein System eine für sich selbst nicht dominante Systemreferenz zu Eigen macht, verliert es seine Identität. Eine Organisation kann z. B. nicht nach Erkenntnisgewinn und wirtschaftlichen Gewinn gleichzeitig in gleichem Maße streben. Für die Anschlussfähigkeit der Kommunikation, und damit dem Fortbestand eines Innovationssystems, ist „nur“ das Verstehen der Kommunikation notwendig. Die beteiligten Systeme müssen die Kommunikation verstehen, nicht sich gegenseitig. Da sie über kein gemeinsames, symbolisch generalisiertes Medium verfügen, um Kommunikation und Verstehen zu erleichtern, müssen sie allein über die Orientierung an der Funktion die Einheit des Systems herstellen und bewahren. Wenn die beteiligten Organisation intern wiederum über das Innovationssystem kommunizieren, z. B. über den Nutzen der Beteiligung für die eigene Organisation, müssen und können sie wiederum auf ihre systemeigenen Referenzen, Medien und Funktionen Bezug nehmen. Aus systemtheoretischer Sicht lassen somit auch die Probleme und Schwierigkeiten dieser Art der Kooperation erklären, die oftmals zur Ineffizienz, zum Scheitern oder zum Zerfall von Innovationssystemen führen, da diese eine ständige Herstellungs- und Reinterpretationsleistung durch die beteiligten Systeme erfordert. Die Entwicklung und Aufrechterhaltung von Innovationssystemen stellt keine Routineangelegenheiten

dar. Sie scheitern in ihrer Entwicklung oft primär an den spezifischen Herausforderungen der Systembildung (vgl. auch Bratl/ Trippel 2001 S. 57; Luhmann 1986b, S. 96).

Die Stärke des Systembegriffs liegt in der allgemeinen und konsistenten Theoriearchitektur, in der ganz unterschiedliche Phänomene verorten und begrifflich gefasst lassen. Die Systemtheorie geht davon aus, dass wichtige Strukturmerkmale sozialer Phänomene, Grenzen von Systemen und die Frage, welche Transaktionen und Aspekte von sozialen Beziehungen zu untersuchen sind, theoretisch abgeleitet werden können. Sie nimmt dabei, soweit möglich, eine Außenperspektive auf soziale Phänomene ein. Erwartungen über die Beschaffenheit von Innovationssystemen können aus der allgemeinen Begriffsarchitektur der Systemtheorie abgeleitet werden. Kommunikation und Interaktion, ihre Intensität und Qualitäten können als wesentliche Indikatoren für die Beschaffenheit von Interorganisationssystemen herangezogen werden (vgl. auch Fuhse 2009, S. 74 ff.; Bratl/ Trippel 2001, S. 43).

Nachdem in diesem Kapitel eine systemtheoretische Beschreibung von Innovationssystemen als soziale Systeme vorgenommen wurde, werden im Folgenden die Möglichkeiten und Bedingungen von Strukturwandel sozialer Systeme diskutiert. Wandel beruht aus systemtheoretischer Sicht auf Evolution, die im Folgenden beschrieben wird.

2.3.2 Strukturwandel sozialer Systeme

Aus systemtheoretischer Perspektive vollzieht sich der Wandel sozialer Systeme und damit von Innovationssystemen als Evolution. Die Mechanismen der Evolution und die Annahmen, die sich daraus für den Wandel von Innovationssystemen ableiten lassen, werden in diesem Kapitel thematisiert. Im Zusammenhang mit der Vorstellung eines evolutionären Wandels stehen die Vorstellung der Pfadabhängigkeit technologischer Entwicklung, die Bildung technologischer Trajekte und Paradigmen sowie die Annahme koevolutionärer Entwicklung verschiedener, gesellschaftlicher Systeme (vgl. Blättel-Mink/Ebner 2009, S. 11 f.; Blöcker 2001, S. 21 ff.). Koevolution, besonders die Koevolution von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, wird anschließend in Kapitel 2.3.3 besprochen.

Wandel wird in der Regel als Notwendigkeit der Anpassung eines Systems an seine Umwelt gesehen. Nach David Easton bspw. müssen Systeme ihren Fortbestand sichern, indem sie ihre Strukturen ändern und sie so auf veränderte Umweltbedingungen einstellen können. Easton spricht deshalb statt von Systemerhalt von Persistenz. Mit dem Begriff „Persistenz“ ist die Kontinuität nicht Stabilität der Strukturen eines Systems gemeint. (vgl. Fuhse 2009, S. 70; 2006, S. 294).

Wandel soziale Systeme meint also eine Veränderung der Strukturen des Systems, die aus Operationen des Systems hervorgeht, wobei das System seine Identität bewahrt. Der Verlauf der Entwicklung sozialer Systeme kann systemtheoretisch mit dem Begriff der Evolution beschreiben, wodurch betont wird, dass soziale Systeme sich selbst entwickeln, die Richtung ihrer zukünftigen Entwicklung aber unbekannt und nicht steuerbar ist. „Strukturänderungen, gerade weil sie nur systemintern (autopoietisch) durchgeführt werden können, [stehen] nicht im Belieben des Systems [...], sondern [müssen] sich in einer Umwelt durchsetzen [...], die das System selbst nicht ausloten, jedenfalls nicht planerisch einbeziehen kann“ (Luhmann 1998, S. 433). Evolution verläuft nicht kontinuierlich oder linear, so dass Evolution auch nicht als Fortschritt in irgendeiner Richtung begriffen werden kann. Evolution lässt sich weder in ihrer Richtung noch in ihrem zeitlichen Verlauf vorhersagen (vgl. auch Schimank 2007, S. 163 ff.).

Die Evolution sozialer Systeme umfasst drei Mechanismen: Erstens bietet sich durch Variation der Operationen eine Möglichkeiten zur Veränderung, zur Aufhebung der Routine durch alternative Abläufe. „Durch Variation werden die Elemente des Systems variiert, hier [beim sozialen System – e. A.] also die Kommunikation“ (Luhmann 1998, S. 454). Variation bedeutet die Herstellung einer Variante für mögliche Selektion. Selektion als zweiter Evolutionsmechanismus „betrifft die Strukturen des Systems, hier also Kommunikation steuernde Erwartungen“ (ebda.) und bedeutet, dass ein System aus den durch Variation entstandenen Möglichkeiten wählen. Sie meint die Auswahl aus allen erreichbaren Möglichkeiten, wobei die durch Variation entstandene Alternative nun eine neue Möglichkeit neben der Routine ist. Die Selektion der Variation gegenüber der Routine ist selten der Fall. Wahrscheinlicher ist die Selektion der Routine, da diese mit geringerer Unsicherheit verbunden ist. Der dritte Evolutionsmechanismus ist die Retention oder Restabilisierung. Gemeint ist der Prozess, bei dem eine ausgewählte Alternative, unabhängig davon, ob die Variation oder die Routine gewählt wurde, durch neuerliche Stabilisierung in den Strukturen des Systems verankert wird. „Die Restabilisierung betrifft den Zustand des evoluirenden Systems nach einer erfolgten, sei es positiven, sei es negativen Selektion“ (ebda.). Da Selektion in jedem Fall zu einem Anstieg von Komplexität führt, muss das System auf Selektion mit Retention reagieren. Retention bezieht sich auf die Fähigkeit zur Selbstorganisation der Systeme, die erst die Voraussetzung für Variation und Selektion schafft. Bei der Auswahl neuer stabilisierter Strukturelemente muss die Identität der Einheit weiterhin gewahrt werden. Eine minimale Voraussetzung für Retention ist, dass der Sinngehalt der selektierten Variation als neue Strukturkomponente keine schweren oder unlösbaren Probleme innerhalb des Systems erzeugt. Gute Chancen auf Durchsetzung haben solche Variationen, die bestehende Probleme verbessern oder lösen können. Strukturelle Kompatibilität wird vor allem über Systembildung und somit Ausdifferenzierung hergestellt (vgl. Braun-Thürmann/ John 2010; Schimank 2007, S. 158 ff.; Luhmann 1998, S. 427 ff., S. 487 ff., S. 451; Nelson 1994; Nelson/ Winter 1982).

Evolution heißt zusammengefasst, dass aus einem kontinuierlichen Strom an Variationen wenige selektiert und in die Strukturen des Systems eingebaut werden. Die Filterschritte der Selektion und Retention können dabei nicht vorab antizipiert werden. Luhmann (1998) versteht Evolution nicht als gerichteten Prozess. Es gibt keine Verkettung der einzelnen Evolutionsmechanismen, sondern diese folgen nur lose gekoppelt als unverbundene Ereignisse aufeinander. Ein System kann seine eigene Evolution weder planen noch steuern. Evolution nutzt immer besondere, aber scheinbar zufällige Konstellationen, die in ihrem komplexen Zustandekommen nicht vorhersehbar sind. Die drei Mechanismen der Evolution können keinen steuernden Einfluss aufeinander nehmen, so dass ihre Zusammenhänge als Zufall wahrgenommen werden. Variation und Selektion sowie Selektion und Retention sind nur lose bzw. „zufällig“ gekoppelt. Die Trennung der evolutionären Funktionen ist dadurch gewährleistet, dass sie sich auf verschiedene Komponenten sozialer Systeme beziehen, Variation auf einzelne Kommunikationen, Selektion auf die Erwartungsstrukturen und Retention auf die Identität des Systems (vgl. Braun-Thürmann/ John 2010, S. 63 ff.; Schimank 2007, S. 161 ff.; Luhmann 1998, S. 473 ff., S. 501 ff.).

Die Begriffe „Innovation“ und „Evolution“ lassen sich nach Braun-Thürmann und John (2010, S. 59 ff.) folgendermaßen zueinander ins Verhältnis setzen. Eine Innovation bezeichnet die Differenz zwischen Neuem und Altem. Evolution meint den Prozess, durch den das Neue zum Alten wird und somit als Innovation beobachtet werden kann, nun aber als Routine übernommen wurde. Innovation ist ein selbstreferenzieller Prozess, da Variation immer innerhalb der Operationen eines Systems stattfindet. Somit ist der Möglichkeitsraum einer Innovation nicht willkürlich sondern strukturdeterminiert und wirkt wiederum strukturdeterminierend. Der durch Innovation bereitgestellte Möglichkeitsraum bietet über strukturelle Kopplung Anschluss für Ko- und Folgeevolution in anderen Systembereichen. Der pfadabhängige Verlauf der evolutionären Entwicklung eines Systems ist in der jeweiligen Systemgeschichte begründet, da die Operationen des Systems immer an vorangegangene Operationen anknüpfen. Des Weiteren ist die Systementwicklung kontext- bzw. umweltabhängig, da sie sich in Abgrenzung von ihrer Umwelt konzipieren und somit strukturell abhängig bzw. strukturell gekoppelt sind an ihre Umwelt, sodass Veränderungen in der Umwelt vom System beobachtet und darauf mit Variation reagiert werden kann⁷ (vgl. auch Luhmann 1998, S. 455 ff.).

Strukturelle Neuerungen erscheinen zunächst aufgrund von Stabilitäts Erfahrungen unwahrscheinlich. Setzen sich Neuerungen als dauerhaft bessere Lösungen durch, blockieren sie weitere Veränderungen, da einerseits der Impuls zur Veränderung fehlt und andererseits jede Neuerung zur Steigerung von Komplexität beiträgt. Die Möglichkeiten zur spontanen Negation der Reproduktionen werden dadurch minimiert. Dennoch findet gesellschaftlicher Wandel statt, erscheint aber als unvorhersehbare Realisierung des Neuen, als „Wahrscheinlichkeit der Unwahrscheinlichkeit“

⁷ Siehe das folgende Kapitel 2.3.3 zur Koevolution von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.

(Luhmann 1997, S. 413). Die heutige gesellschaftstheoretische Diskussion geht von einem ständigen Wandel der Gesellschaft aus, die Stabilität der Gesellschaft wird im Sinne eines „Fließgleichgewichts“ von diesen ständigen Veränderungsprozessen getragen. Braun-Thürmann und John (2010, S. 61) schreiben dazu: „Die fortschreitenden Veränderungsprozesse ermöglichen Strukturbildung und -erhalt der Gesellschaft. In Handlung und Kommunikation vollzieht sich Wandel auf elementarer Ebene in Erwartungen und sich performativ ständig neu ergebenden Optionen. Dieser elementare Wandel ist eingebettet in alltägliche Routinen und Regeln, folgt Normen und Hierarchien. Er bezeichnet die sich verändernde und doch identisch bleibende Gesellschaft. Auf reflexiver Ebene werden Veränderungen nicht als Wandel wahrgenommen, sondern als modifizierte Wiederholung des Gleichen, als gesellschaftliche Stabilität.“ Aus diesem Paradox von Veränderung und Routine ergibt sich die Schwierigkeit gesellschaftlichen Wandel zu erklären (vgl. ebda., S. 61 f.). Luhmann (1998) bezeichnet Evolution als einen „Endlosprozeß in einer irreversiblen Zeit“ (ebda., S. 427), da gerade der Prozess der Restabilisierung Ansatzpunkte für Variation bietet.

Spricht man im Hinblick auf Veränderungen in Organisation von organisationalem Wandel, ist damit immer der Wandel der Strukturen und nicht der Operationen der Organisation gemeint. Operationen, also Entscheidungen der Organisation, sind singuläre Ereignisse, die sich nicht ändern können. Nicht einzelne Entscheidungen sondern Entscheidungsprämissen, welche die Struktur des Systems bilden, können verändert werden (vgl. Luhmann 2005, S. 410 f.; Martens 2001, S. 357).

Auf operativer Ebene findet Variation durch die Formulierung von Alternativen für bestimmte Routinen statt. Auslöser von Variationen auf operativer Ebene sind oft Irritationen aus der Umwelt, die von der Organisation beobachtet und mit einem internen Informationswert, also mit Relevanz, belegt werden. Organisationen reagieren auf beobachtete Defizite oder Verbesserungsmöglichkeiten mit Reformen, d. h. mit gezielter Variation mit dem Ziel bestehende Strukturen zu verändern. „Reformen betreffen Entscheidungen über Entscheidungsprämissen [„Änderung oder Nicht-änderung“ (Luhmann 2005, S. 412) – e. A.] in der Absicht, den Gesamtzustand des Systems zu verbessern oder zumindest eine sich abzeichnende Verschlechterung aufzuhalten oder abzuwenden“ (Luhmann 2005, S. 417). Reformabsichten stoßen oftmals auf Widerstand, da Reformen mit Risiken verbunden werden. Weitaus seltener wird dagegen das Risiko der Beibehaltung bisheriger Strukturen gesehen (vgl. Braun-Thürmann/ John 2010, S. 63 ff.; Luhmann 2005, S. 411 ff.).

Wo die operative Routine infrage gestellt wird, lösen sich partiell die Kopplungen der Strukturelemente auf. Variationen finden auf der Ebene alltäglicher Entscheidungen massenhaft statt, wenn je nach Situation Entscheidungsprämissen modifiziert werden. Auf die Variation operativer Möglichkeiten folgt die positive oder negative Selektion, bei der nur eine Variante als zukünftige Routine und damit als Strukturelement ausgewählt wird. Was selektiert wird, hängt von Anschlussmöglichkeiten an weitere Strukturelemente ab. „Entscheidungen können erinnert bzw. vergessen

werden; und wenn erinnert, als nachahmenswert oder als Warnung, als gelungen oder als misslungen bewertet werden“ (Luhmann 2005, S. 435). Werden Variationen erinnert und damit Anlass zur positiver oder negativer Selektion, verändern sich die Strukturen des Systems. Der strukturell Konsistenzzwang und die Ungewissheit der Zukunftsfähigkeit einer abweichenden Operation lassen deren positive Selektion unwahrscheinlich erscheinen (vgl. Braun-Thürmann/ John 2010, S. 65 f.; Schimank 2007, S. 160; Luhmann 2005, S. 434 ff.; Luhmann 1998, S. 481 ff.).

Retention bewirkt die Sicherung der Selektion eines Strukturelements. Retention bedeutet immer eine Restabilisierung des Systems in seiner Umwelt und somit eine Neubestimmung der Differenz des Systems zur Umwelt. Der Strukturwandel kann wieder als relevante Irritationen erneute Evolutionsschleifen auslösen. Evolutionäre Entwicklungen lösen in ihrer Umwelt Passungsdruck aus, wobei strukturelle Koppelungen neu arrangiert werden. So entstehen Folgeinnovationen. Evolution verläuft zirkulär, wobei evolutionäre Entwicklungen aneinander anschließen. Der neue Zustand einer Organisation ist immer zeitlich begrenzt, aber zum Zeitpunkt ihrer Stabilisierung werden die veränderten Strukturen gegenüber anderen Alternativen als überlegene Lösung angesehen. Evolution wird so als Iteration begriffen, da jede Sequenz der Folgenden Material liefert, deren Ergebnis aber nicht determiniert. Die Komplexität evolutionärer Entwicklung lässt diese zufällig erscheinen. Reformen können zwar entschieden werden. Was über längere Zeit damit geschieht, kann aber nicht geplant werden. Sie unterliegen der Evolution, über die Organisationen nicht selbst entscheiden und auf die sie sich für Verbesserungen auch nicht verlassen können. Intentional geschaffene Variationen sind Ausgangspunkt weiterer Evolution, d. h. „welche Strukturen sich daraus ergeben, stellt sich durch Evolution heraus“ (Luhmann 1998, S. 430). Innovation wird nach dieser Konzeption nicht mit Fortschritt oder Verbesserung gleichgesetzt. Je nach Situation und Verlauf kann sich Ändern oder Beibehalten der Strukturen als sinnvoll herausstellen. Die Funktion von Reformen liegt dann weniger im Herbeiführen von Verbesserungen, sondern darin, „dass sie Interessensunterschiede sichtbar machen, die andernfalls latent bleiben würden... Reformen sind, im Zeitkontext gesehen, also nichts anderes als Ausdrucksformen einer strukturellen Dynamik, und sie dienen nicht dem Erreichen ihrer Zwecke, sondern der Erhaltung eben dieser Dynamik“ (Luhmann 2005, S. 417 ff.; vgl. auch Brauthürmann/ John 2010, S. 66 f.; Martens 2001, S. 357; Luhmann 2000, S. 333 ff., 1998, S. 428).

Betrachtet man Innovationssysteme als soziale Systeme, die durch Kommunikation und Interaktion verschiedener Organisationen gebildet werden, und die sich wiederum in mehr oder weniger stark organisierte Subsysteme ausdifferenzieren, muss man den Wandel von Innovationssystemen als Evolution verstehen. Die Struktur der Innovationssysteme ist das Ergebnis von Variations-, Selektions- und Restabilisierungsprozessen in Bezug auf Erwartungen und Prämissen innerhalb der Systeme. Diese stabilisieren, wandeln und restabilisieren sich im Laufe der Zeit und ermöglichen oder begrenzen die Kommunikation und Interaktion zwischen den beteiligten Organisationen. Sie regeln

auch, wer als potentieller Partner bei welcher Art von Innovation in Betracht gezogen wird und wer üblicherweise an welchen Innovationsprozessen in welchem Ausmaß beteiligt wird. Da sie sich im Fall der Innovationssysteme der Automobilindustrie im Hinblick auf Innovationen eines bestimmten Produkts und damit verbundener Technologien entwickelt haben, regeln die Strukturen ebenfalls, in welche Richtung technologische Entwicklung in diesem Bereich fortschreitet. So ermöglicht und behindern die Innovationssysteme Innovation zur gleichen Zeit. Sie ermöglichen Innovation, da diese nicht von einzelnen Organisationen geleistet werden kann und die Innovationssysteme Wissensaustausch und gegenseitigen Abstimmung ermöglichen. Sie behindern aber durch ihre Pfadabhängigkeit und die Koevolution der beteiligten Organisationen radikale Erneuerung.

Empirisch lässt sich beobachten, dass sich die Entwicklung neuer Techniken oft in Nischen vollzieht. Leydesdorff und Zawdie (2010) verweisen darauf, dass etablierte Systeme radikalen Innovationen gegenüber resistent sind und auf diese mit Ausdifferenzierung reagieren. Ausdifferenzierung als Reaktion des Systems auf Innovation kann aus systemtheoretischer Sicht mit dem evolutionären Mechanismus der Restabilisierung erklärt werden. Das System reagiert auf die durch Selektion entstandene Komplexitätssteigerung vor allem mit Externalisierung. Durch Systembildung wird Komplexität „auf der Innenseite“ reduziert. Externalisierung stellt allerdings nur eine vorläufige Lösung dar, da dadurch wiederum neue, strukturelle Inkompatibilitäten entstehen. Innovationen verbleiben oft solange in „Nischen“ bis die in etablierten Innovationssystemen vorherrschenden Regime unter Veränderungsdruck geraten. Unter Regimen lassen sich im Anschluss an Easton die Regeln eines Systems verstehen. Regimen sind in den Werten und Normen sowie Autoritätsstrukturen verankert. Regime sind relativ stabile Strukturen, die sich als funktional erwiesen haben. Veränderungsdruck kann beispielsweise auf ungelösten Problemen innerhalb eines Regimes beruhen, zu dessen Lösung Innovationen in Nischen erprobt werden oder durch Veränderungen in relevanten Teilen der Umwelt ausgelöst werden, z. B. durch ökonomische oder ökologische Krisen aber auch durch Veränderungen des Wettbewerbs, des Konsumentenverhalten oder durch politische Umbrüche. Durch externe oder interne Veränderungen eröffnen sich Möglichkeitsräume für Innovationen. Sie gewinnen zunehmend an Bedeutung und bewirken einen Wandel der vorherrschenden Regime. So entstehen neue Entwicklungspfade und Innovationssysteme öffnen sich für Einflüsse anderer Technologien und Akteure (vgl. Fuhse 2006, S. 296; Geels 2005; Luhmann 1998, S. 488 ff.).

2.3.3 Koevolution von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Wie im vorangegangenen Kapitel 2.3.2 bereits angesprochen ist die Evolution eines sozialen Systems keine isolierte Entwicklung. Jedes soziale System ist über strukturelle Kopplungen mit seiner Umwelt verbunden, so dass Veränderungen eines Systems andere Systeme unter Anpassungsdruck setzen. Diese wechselseitige Anpassung der Systeme wird als Koevolution beschrieben. Das Triple-Helix-Modell der Innovationssysteme geht von der Koevolution von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik aus, da diese gesellschaftlichen Funktionssysteme in besonderem Maß an Innovationsprozessen beteiligt sind. Zwischen Innovationssystemen und den beteiligten Organisationen kommt es ebenfalls zu koevolutionärer Entwicklungen, da die Organisationen für einander und die Innovationssysteme relevante Umwelt sind. Aus systemtheoretischer Sicht ist die zunehmende, gesellschaftliche Ausdifferenzierung eine Folge der Steigerung von Komplexität durch koevolutionäre Entwicklung. Auch im Triple-Helix-Modell wird darauf verwiesen, dass etablierte Systeme auf Innovationen mit Ausdifferenzierung reagieren. Durch Systembildung wird einerseits Komplexität reduziert, andererseits entsteht dadurch weitere Komplexität, die wiederum Koevolution auslöst (vgl. Leydesdorff/ Zawdie 2010, S. 796; Luhmann 1998, S. 488 f.). Die Ausdifferenzierung der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie durch Elektromobilität geht mit strukturellen Veränderungen der Innovationssysteme, der beteiligten Organisationen sowie der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik im Allgemeinen einher.

Koevolution beruht auf der strukturellen Kopplungen verschiedener Systeme, die wechselseitige Beeinflussung und Anpassung über systemimmanente Strukturveränderungen zur Folge hat (vgl. Bratl 2002, S. 27). Über die strukturelle Kopplung der Teilsysteme löst Luhmann die Frage der Integration der funktional differenzierten Gesellschaft. Die Teilsysteme sind immer schon an ihre gesellschaftliche Umwelt angepasst, da Umweltkontakte und -impulse in ihre Programmstrukturen eingehen. „Über strukturelle Kopplung ist eine für die Fortsetzung der Autopoiesis ausreichende Anpassung immer schon garantiert“ (Luhmann 1998, S. 446). Angepasstheit an die Umwelt ist eine Voraussetzung von Evolution. Die Evolution eines Systems beruht auf den ständigen Veränderungen der Umwelt. Sie kann aber nicht als Anpassung, die in einer optimalen Passung von System und Umwelt mündet verstanden werden, denn so käme Evolution schnell zu einem Ende. Vielmehr variiert die Umwelt stetig und stets anders als das System (vgl. Schimank 2007, S. 172 ff.; Luhmann 1998, S. 433, 446).

Jedes Teilsystem der Gesellschaft differenziert sich im Hinblick auf eine Funktion aus. Es erbringt damit eine bestimmte Leistung für die Gesellschaft, die nicht in anderen Systemen geleistet werden

kann, ohne dass diese ihre Identität aufgeben. Die Teilsysteme sind somit auf die gegenseitige Leistungserbringung angewiesen. Auch die Subsysteme der gesellschaftlichen Funktionssysteme differenzieren sich anhand bestimmter Funktionen aus und stehen somit in Relationen zueinander. Es bestehen viele wichtige Leistungsinterdependenzen, unterstützende Wechselbeziehungen und hohe Störanfälligkeit zwischen verschiedenen Systemen, obwohl diese weder gewollt noch bewusst herbeigeführt sein müssen (vgl. Schimank 2007, S. 169 ff.).

Durch Ausdifferenzierung werden die autonomen, sozialen Systeme strukturell abhängig von der Funktionserfüllung anderer Systeme. Die evolutionäre Entwicklung der Gesellschaft führt zu einer zunehmenden Spezialisierung innerhalb der Teilsysteme. Das gilt auch für die in einem Funktionssystem ausdifferenzierten Organisationen, die sich auf vergleichbare Produkte, Dienstleistungen, Wissens- oder Machtbereiche spezialisiert haben. Strukturelle Veränderungen einer Organisation wirken sich auf anderen Organisationen aus, die mit dieser in einer Beziehung stehen, unabhängig davon, ob diese Beziehung konkurrierend oder kooperativ ist, und unabhängig davon, wie die andere Organisation den Strukturwandel der einen bewertet, also als nachahmenswert oder als zu verwerfen interpretiert. So bewirkt die Evolution einer Organisation zumindest eine Irritation der Organisationen ihrer Umwelt. Systemgeschichte und Systemumwelt bieten einerseits Entwicklungsmöglichkeiten für Organisationen, andererseits schränken sie die Entwicklung auch ein, indem sie ihr Grenzen setzen (vgl. Luhmann 1998, S. 557 ff.).

Obwohl die verschiedenen Teilsysteme der Gesellschaft auf operativer Ebene geschlossen sind und mit spezifischen Codes operieren, sind sie auf struktureller Ebene anpassungsfähig. In ihren Programmen, die der Selektion von Operationen dienen, können sie von ihrer Umwelt beeinflusst werden. Die grundsätzliche Schwierigkeit der Beziehungen zwischen Organisationen unterschiedlicher Funktionssysteme, besteht da darin, die jeweiligen Programme aneinander anzupassen ohne dabei dieselben Codes zu verwenden. „Sie müssen also gewissermaßen aufeinander zugehen, ohne doch miteinander reden zu können“ (Schimank 2007, S. 169). Beispielsweise können sich Wissenschaftler, Politiker oder Mitglieder eines Unternehmens zwar grundsätzlich klar machen, wonach die Organisation des jeweils andere strebt. Sie können also die Codes der jeweils anderen nachvollziehen, sie verstehen sich dabei aber niemals vollständig. Zum einen können sie die Operationen des jeweils anderen nicht im Detail nachvollziehen. Zum anderen können sie sich den Code des jeweils anderen nicht aneignen, ohne ihre Identität aufzugeben (vgl. Schimank 2007, S. 170; Luhmann 1998, S. 564 f.).

Die Vorstellung einer gegenseitigen Abhängigkeit der Entwicklung verschiedener, gesellschaftlicher Systeme findet sich ebenso in verschiedenen Ansätzen der Techniksoziologie und Innovationsforschung. Rammert (2010, S. 21 ff.) verweist darauf, dass der Versuch der Abgrenzung technischer und ökonomischer Innovation von sozialer und kultureller Innovation angesichts der gegenseitigen

Beeinflussung technischer, ökonomischer, sozialer und kultureller Systeme nicht sinnvoll ist und ein umfassendes Konzept gesellschaftlicher Innovation benötigt wird, um das Phänomen der Innovation als eine Form gesellschaftlichen Wandels zu beschreiben. Werle (2010, S. 35 ff.) beschreibt die Interaktion von technischen und institutionellen Innovationen sowie die Konzeptionierung des Verhältnisses von Technik und Gesellschaft als Interdependenz. Interdependenzen auf Handlungsebene werden als „*co-construction*“ oder „*co-production*“ bezeichnet. Die institutionelle Ökonomie beschreibt die Ko-Konstruktion von Märkten und Technologie (vgl. Geels 2005, S. 62 f.). Da Märkte für radikal neue Technologien nicht existieren, müssen sie gemeinsam mit neuen Produkten entstehen. Neue Märkte werden durch Regeln geformt und konstituiert. Diese Regeln wiederum werden zusammen mit neuen Technologien konstruiert. Die Entstehung von Regeln ist wichtig für die Diffusion neuer Technologien. Auch die Innovationsforschung verweist darauf, dass für die Durchsetzung neuer Technologien mögliche Anwendungen und Nutzergruppen konstruiert und neue sozio-technische Netzwerke kreiert werden müssen (vgl. ebda., S. 63 f.).

Rosenkopf und Tushman (1994) konzipieren, wie bereits im Zusammenhang mit dem Konzept TS (siehe Kapitel 2.2.2, S. 26 ff.) besprochen, die Entwicklung von Technologie und Organisation als koevolutionären Prozess, der nicht synchron sondern in abwechselnden Perioden sozialer Konstruktion („*social construction*“) verläuft. Technologische Veränderungen lösen organisatorische Anpassungsprozesse und andersherum aus. Im Laufe technologischer und organisatorischer Entwicklung verändern sich dabei die Beziehungen zwischen den beteiligten Organisationen zueinander von losen Netzwerken bis zu stabilen, interorganisationale Verbindungen, wobei die gegenseitige Abhängigkeit zunimmt (vgl. Rosenkopf/ Tushman 1994, S. 403 ff.).

Nach dem Triple Helix Modell sind es die dynamischen Entwicklungen („*forces of motion*“) der verschiedenen, gesellschaftlichen Funktionssysteme Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, die Selektionsprozesse innerhalb der Innovationssysteme steuern. Die Entwicklung der Wissensstrukturen und deren Einfluss auf technologische Möglichkeiten sowie die Entwicklung von Volkswirtschaften und die daraus entstehenden, technologischen Trajekte werden anhand der Selektionsmechanismen der Wissensverarbeitung, organisatorischen Kontrolle und Wissensproduktion erklärt, die sich den Funktionssystemen Wirtschaft, Politik und Wissenschaft zuordnen lassen. Diese Selektionsmechanismen verändern sich mit der Zeit und verändern so auch die Strukturen der Innovationssysteme und die darin enthaltenen Relationen. Auch hier wird die Bedeutung der Koevolution für die Diffusion bspw. einer neue Technologie deutlich, denn gerade das Zusammenwirken der verschiedenen Selektionsmechanismen begünstigt Innovationsprozesse. Während die Koevolution zweier Funktionssysteme, z. B. Wirtschaft und Politik, oftmals zur Verfestigung von Entwicklungspfaden führt, die radikale Innovationen behindern, steigert die Koevolution der drei

Funktionssysteme Wirtschaft, Politik und Wissenschaft das innovative Potential (vgl. Leydesdorff/Zawdie 2010).

Ein ähnliches Konzept der „*Co-Evolution*“ findet sich bei Rip und Kemp (1998) sowie Rip (2002), die von einer gegenseitigen Beeinflussung von technischen Innovationen einerseits, Wirtschaftssektoren, Industriestrukturen, Organisationen und Institutionen andererseits ausgehen. „Co-evolution is the linked evolution of two (or more) dynamics, each of which can be conceptualized in terms of variations and selections (and retentions). The linkage may give rise to patterns with dynamics of their own“ (Rip 2002, S. 10).

Strukturwandel führt zu immer größerer Komplexität, die entsprechende Differenzierung nach sich zieht. Strukturelle Differenzierung ist die Voraussetzung quantitativen Wachstums in der Gesellschaft. Dadurch beschleunigt sich der gesellschaftliche Wandel insgesamt, denn die Strukturveränderungen des einen Systems setzen die andere Systeme und das System selbst wiederum unter Anpassungsdruck. Luhmann beschreibt diese Dynamik als „Multiplikationseffekt“: „Sie [die Evolution – e. A.] ändert ein System und damit zugleich die (relevante und irrelevante) Umwelt anderer Systeme. Jede Änderung setzt also mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Mehrzahl an Wirkungsreihen in Gang, die gleichzeitig und dadurch unabhängig voneinander Wirkungen erzeugen, für die dann wieder das gleiche gilt“ (Luhmann 1998, S. 433f.). So wird die Welt von sich heraus dynamisch und mit zunehmender Differenzierung nimmt die Dynamik zu (vgl. Schimank 2007, S. 166; Luhmann 1998, S. 416, 433 f.).

Die Beschleunigung struktureller Veränderungen lässt sich bspw. in der Globalisierung der Märkte, technologischen Entwicklungen und Veränderungen in der IKT beobachten. Evolution stellt dabei nach Luhmann keine Strategie dar auf den zunehmenden Veränderungsdruck zu reagieren, da diese zu langsam und zu unberechenbar verläuft. Die Reformen bzw. geplanten Veränderungen, die auf die beschleunigte Entwicklung reagieren, sind aber immer in evolutionäre Prozesse eingebettet (vgl. Luhmann 2005, S. 435 ff.).

Genauso wie bei der Evolution einzelner Systeme kann die Richtung und der Ausgang der Koevolution gekoppelter Systeme nicht vorhergesagt werden. Evolution und Koevolution sind weder zeitlich noch inhaltlich auf einen Bedarf an Problemlösung abgestimmt. Evolution garantiert somit kein notwendigerweise positives Ergebnis im Sinne einer verbesserten Anpassung der Systeme an ihre Umwelt und kann nicht als Fortschritt begriffen werden. Da sich die Umwelt laufend verändert, muss gegenseitige Anpassung immer wieder neu stattfinden (vgl. Schimank 2007, S. 174; Luhmann 1998, S. 428 ff.).

Auch in der Innovationsforschung wird die Koevolution von Technologien und Märkten als ein extrem unsicherer Prozess beschrieben, der von Rückschläge und Überraschungen geprägt ist und keinen Erfolg garantiert. Deshalb führen erfolgreiche Firmen in frühen Phasen technologischer Entwicklung

Marktexperimente durch, mit den Zielen die Technologie zu erproben sowie den Markt und die staatlichen Regulierungen bzw. den Regulierungsbedarf zu erkunden. Obwohl das Ergebnis unbekannt ist, sind solche Erprobungs- und Lernprozesse nicht „blind“ im Sinne von Unvoreingenommenheit, denn sie werden durch Visionen, Erwartungen und Ideen zu möglichen Anwendungen geleitet. Diese Visionen und Erwartungen verändern sich auf der Basis der Ergebnisse des Lernprozesses (vgl. Geels 2005, S. 64).

Koevolution, bedingt durch die strukturelle Kopplung autopoietischer, selbstreferenzieller Systeme, führt zwar zu einer gewissen „Abstimmung“ innerhalb der Gesellschaft, ist aber weder zielgerichtet noch kann Koevolution gesteuert werden. In der soziologischen Systemtheorie werden deshalb bezüglich der Frage der Integration der funktional differenzierten Gesellschaft drei weitere Mechanismen der Integration beschrieben, die über die bloße strukturelle Kopplung hinaus hinausgehen. Erstens gibt es Sachzwänge wie bspw. ökologische oder Finanzknappheit, welche die gegenseitigen Ansprüche und Wachstumstendenzen der verschiedenen Systeme dämpfen. Das soziale Konstrukt der Sachzwänge wirkt durch die Komplexität der Kausalketten, die nicht vollständig nachvollzogen werden können und so als gegeben hingenommen werden. Sachzwänge wirken Desintegration in der Gesellschaft eher zufällig entgegen, so dass sie nur begrenzt zur Integration beitragen. Zweitens reflektieren die verschiedenen Systeme über sich und ihre Wirkung auf die Umwelt, indem sie deren Rückwirkungen beobachten. Sie können somit positive wie negative Auswirkungen von strukturellen Kopplungen beobachten und zu der Erkenntnis kommen, dass eine positive Passung den eigenen Zielen zuträglich ist. Bspw. kann das Wissenschaftssystem beobachten, dass die Ausrichtung der Erkenntnisproduktion am Leistungsbedarf der Wirtschaft positiv auf das Wissenschaftssystem zurückwirkt, da es über staatliche Steuereinnahmen aus dem Wirtschaftssystem finanziert wird. Drittens kommt dem politischen System bei der Integration der Gesellschaft eine besondere Bedeutung zu, da es durch Kontextsteuerung die Beiträge der anderen Funktionssysteme aufeinander abstimmen kann. Mit dieser Annahme distanziert sich die „neuere“ Systemtheorie von Luhmanns generell skeptischer Sicht auf politische Steuerung der Gesellschaft⁸. Kontextsteuerung meint die Beeinflussung der Beziehungen zwischen den Funktionssystemen durch die Schaffung von Rahmenbedingungen, die eine autonome Abstimmung der Systeme begünstigen (vgl. Schimank 2007, S. 174 ff.).

Mit der Frage nach den Möglichkeiten der Steuerung gesellschaftlicher Prozesse beschäftigt sich auch die Governancetheorie und unter besonderer Berücksichtigung der Bedingungen zunehmender Globalisierung das Konzept der Global Governance. „Governance“ wird als Koordination staatlicher und nichtstaatlicher Akteure in und durch Regelungsstrukturen konzipiert und seit den 1990er Jahren in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen, insbesondere der Politikwissenschaft, verwendet.

⁸ Siehe hierzu die bei Schimank 2007, S. 178 f. angegebene Literatur.

Die Konzeption gesellschaftliche Steuerung durch Regelstrukturen trägt dem Umstand Rechnung, dass es in funktional differenzierten Gesellschaften kein eindeutiges Zentrum der Macht gibt, sondern die verschiedenen Akteure in interdependenten Beziehungen zueinander stehen. Governance bezieht von der Hierarchie bis zur institutionalisierten, gesellschaftlichen Selbstregelung die gesamte Bandbreite der Interaktionsmuster und Modi kollektiven Handelns mit ein (vgl. Schuppert 2008, S. 13 ff.; Trute et al. 2008, S. 173 ff.; Mayntz 2006, S. 11 ff.).

Governance wird ebenfalls als Strategie zur Bewältigung transnationaler und globaler Probleme wie Umweltverschmutzung, Klimawandel, Ressourcenverknappung oder die weltweite Finanz- und Wirtschaftskrisen verstanden. Mit dem Begriff „Global Governance“ wird die Herausbildung von Governancestrukturen jenseits nationaler Grenzen bezeichnet (vgl. Schuppert 2008, S. 16; Mayntz 2008, 2006, 2005).

Auch die Steuerung von Innovationssystemen z. B. hinsichtlich Systembildungs- und Ausdifferenzierungsprozessen, der Richtung von Innovation oder des Ausmaßes an Offenheit für neue Akteure, kann nicht von einem der beteiligten Systeme, etwa dem politischen System geleistet werden, sondern nur im Sinne einer Selbststeuerung der beteiligten Akteure verstanden werden. Dies gilt umso mehr je größer das Ausmaß internationaler und globaler Verflechtung ist. Das politische System kann zwar initiiierend oder regulierend in die Innovationsprozesse eingreifen, die Innovationssysteme und beteiligten Akteure aber nicht direkt steuern. Aus diesem Grund werden die Interaktionen politischer Organisationen mit anderen Beteiligten der Innovationssysteme zwar als wichtiger Teil des Innovationssystems konzipiert, aber nicht in Sinne der staatlichen oder politischen Steuerung der Entwicklung der Systeme. Politische Akteure schaffen unter Beteiligung anderer Akteure Regelungsstrukturen, die bestimmte Entwicklungen begünstigen, aber nicht determinieren können. Für die Durchsetzung von Elektromobilität müssen sich die Innovationssysteme der Automobilindustrie durch evolutionäre Mechanismen selbst ausdifferenzieren und stabilisieren, die zwar förderungspolitisch initiiert werden können, auf die aber keiner der einzelnen Akteure einen direkten Einfluss hat (vgl. Canzler/ Wentland/ Simon 2011; Leydesdorff/ Zawdie 2010).

Das Triple-Helix-Modell betont die Bedeutung des Zusammenwirkens wissenschaftlicher, wirtschaftlicher und politischer Dynamiken in Innovationsprozessen. Die Organisationen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sind mehr oder weniger stark untereinander strukturell gekoppelt und beeinflussen sich über koevolutionäre Entwicklung gegenseitig. Es entstehen unterschiedliche, aufeinander wirkende Triebkräfte, Verwerfungen und Konfliktpotentiale. Die koevolutionäre Entwicklung führt zu einer zunehmenden Ausdifferenzierung von Innovationssystemen. Durch zunehmende Komplexität der Innovationssysteme, steigt die Wahrscheinlichkeit von Innovationen. Die zunehmende Abhängigkeit der Organisationen, führt zum wechselseitigen Infrage stellen der jeweiligen Strukturen und erzeugt Veränderungsdruck. Strukturwandel von

Innovationssystemen kann als koevolutionäre Entwicklung verstanden werden, bei dem Innovationspotentiale durch Variationen bewusst oder ungeplant ausgelotet werden. Diese können z. B. in der Kooperation mit einem neuen Partner oder dem Beschreiten eines neuen Entwicklungsweges bestehen. Die positive oder negative Selektion der Variationen sowie die Form, in der Restabilisierung im System stattfindet, kann dabei nicht geplant oder gesteuert werden. Ob die Kooperation mit neuen Partner z. B. in der Etablierung eines neuen Innovationsnetzwerks mündet oder eine neue Entwicklungsrichtung zu neuartigen Produkten und Dienstleistungen führt, kann somit nicht vorhergesagt werden (vgl. auch Canzler/ Wentland/ Simon 2011).

Das Potential der Innovationssysteme und der Vorteil für Organisationen, der ihnen durch die Beteiligung und das Aufrechterhalten von Innovationssystemen, d. h. letztendlich Austauschbeziehungen zu anderen Organisationen aus unterschiedlichen Teilsystemen der Gesellschaft, entsteht, liegt demnach nicht in den zunehmenden Erfolgchancen einzelner Innovationen. Ob eine Innovationsbemühung zu einer erfolgreichen Innovation führt, kann nicht vorhergesagt und damit nicht Begründung für die Beteiligung an den Interaktionen in Innovationssystemen sein. Entscheidend ist vielmehr, dass die Wahrscheinlichkeit und Vielseitigkeit von Innovationen innerhalb heterogener, komplexer Innovationssysteme zunimmt.

2.4 Zwischenfazit: Strukturwandel der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie

Im folgenden Zwischenfazit werden zunächst die zentralen, theoretischen Grundlagen zur Beschreibung und Analyse des Strukturwandels von Innovationssystemen zusammengefasst (Kapitel 2.4.1). Anschließend werden zur Strukturierung der folgenden Analyse des Strukturwandels der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie durch Elektromobilität aus den theoretischen Überlegungen Fragestellung und Hypothesen abgeleitet (Kapitel 2.4.2). Abschließend wird das methodische Vorgehen bei der Analyse vorgestellt (Kapitel 2.4.3).

2.4.1 Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen

Der Ausgangspunkt der theoretischen Überlegungen zum Strukturwandel von Innovationssystemen in diesem Kapitel 2 war die Definition und Diskussion von „Innovation“. Dabei wurde festgestellt, dass Innovation nicht nur eine Neuheit sondern die Überführung einer Neuheit in eine Routine

meint. Innovation ist somit kein singuläres Ereignis sondern ein Prozess, der von der Erfindung über die Anpassung bis hin zur Verbreitung einer Neuheit verläuft. Von einer Innovation kann man also erst dann sprechen, wenn eine neue Idee in einem zirkulären Prozess der Anpassung an die gesellschaftlichen Gegebenheiten weiterentwickelt und soweit umgedeutet wurde, dass sie eine gewisse Verbreitung und damit gesellschaftliche Relevanz erfahren hat. Die Idee ist dann nicht mehr neu sondern in einem Produkt, einer Dienstleistung, einer Technologie, einer sozialen Praxis usw. zur Routine geworden und kann rückblickend als Innovation bezeichnet werden (vgl. Kapitel 2.1.1).

Innovationsprozesse haben demnach einen systemischen Charakter. Sie nehmen keinen linearen Verlauf, wie ursprünglich in verschiedenen Modellen unterstellt wurde, sondern verlaufen zirkulär in vielen Rückkoppelungsschleifen, die eine Idee oder Erfindung solange weiterentwickeln und verändern, bis sie eine weitere Verbreitung und Anwendung findet. Innovationsprozesse finden auch nicht in abgeschlossenen Prozessen in einzelnen Unternehmen oder wissenschaftlichen Einrichtungen statt. Vielmehr sind an Innovationsprozessen viele verschiedene, gesellschaftliche Akteure beteiligt, deren Interaktionen sich auf eine Idee beziehen und deren Weiterentwicklung und Verbreitung vorantreiben. Bei diesen Akteuren kann es sich einerseits um individuelle Akteure handeln, um Unternehmer, Mitglieder eines Unternehmens, Wissenschaftler, Politiker oder Bürger und andererseits um korporative oder kollektive Akteure, d. h. um Organisationen aus verschiedenen Gesellschaftsbereichen (vgl. Kapitel 2.1.2).

Innovationen können sich primär auf einen Teilbereich der Gesellschaft beziehen oder in diesem ihren Ursprung haben. Sie werden dann dementsprechend als technologische, ökonomische, soziale, organisatorische, politische usw. Innovationen bezeichnet. Die soziologische Literatur betont, dass es sich aber niemals nur um eine technologische, ökonomische, soziale usw. Innovation handelt sondern, dass alle Innovationen generell gesellschaftliche Innovationen sind, da sie Folgeinnovationen in anderen Gesellschaftsbereichen nach sich ziehen, durch Wandel in anderen Gesellschaftsbereichen erst angeregt werden und durch ihre gesellschaftliche Verbreitung weiterentwickelt werden (vgl. Kapitel 2.1.3).

In der Automobilherstellung kommen bspw. bestimmte Technologien zum Einsatz. Mit der Herstellung und dem Vertrieb von Automobilen ist ein gesamter Industrie- und Wirtschaftsbereich, eine Branche, befasst, die eine spezifische Form der Organisation von Produktionsprozessen und Wertschöpfungsketten entwickelt hat. Die massenhafte Verbreitung des Automobils in Kombination mit dem Ausbau eines entsprechenden Verkehrs- und Straßennetzes prägt das Mobilitätsverhalten der Menschen. Gesetzliche Regelungen beeinflussen technologische Standards, regulieren den industriellen Produktionsprozess und den automobilen Straßenverkehr. Politikbereiche wie Verkehrs- und Wirtschaftspolitik beziehen sich in großen Teilen auf Autoverkehr und die Automobilindustrie usw. Möchte man die Erfindung, Entwicklung und Verbreitung des Automobils rückblickend als

Innovation beschreiben, kann man diese schwerlich als ausschließlich, nicht einmal überwiegend als technologisch, ökonomisch, sozial usw. definieren.

Dasselbe gilt für Elektromobilität. Die Elektrifizierung des Antriebstrangs und die Entwicklung von Elektrofahrzeugen ist eine technologische Produktinnovation, wobei neben Elektroautos auch andere Elektrofahrzeuge z. B. Fahrräder, Roller und Motorräder, Busse und andere Nutzfahrzeuge entwickelt werden. Die Herstellung und der Vertrieb von Elektrofahrzeugen bedürfen einer Neuorganisation der Wertschöpfungskette, der Integration in die Produktionslinien und neuer Produktionstechnologien sowie neuer Vertriebs- und Geschäftsmodelle. Das Mobilitätsverhalten der Menschen, die gesetzlichen Regelungen und politischen Strategien müssen an Elektromobilität angepasst werden, wobei verschiedene Elektrofahrzeuge als Teil einer multimodalen Verkehrskette und gespeist aus regenerativen Energien ihre beste ökologische Wirkung entfalten. Die Liste der sich ergebenden Folgeinnovationen und gesellschaftlichen Voraussetzungen ist lang und lässt eine Klassifikation von Elektromobilität als technologische, ökonomische, soziale usw. Innovation wenig sinnvoll erscheinen. Abschließend wurde in Kapitel 2.1.4 die variierende Reichweite von inkrementellen Innovationen über radikale Innovationen bis hin zum Wandel von Paradigmen und gesellschaftlichen Basisinnovationen diskutiert. Dabei handelt es sich auch bei Innovationen mit größerer Reichweite nicht um spontane, plötzlich auftretende Ereignisse, die in kurzer Zeit einen Umbruch bewirken, sondern immer um einen graduellen Transformationsprozess. Das Ausmaß und die Reichweite einer bestimmten Innovation können deshalb nur rückblickend beurteilt werden, da diese maßgeblich von ihrer Wirkung in anderen Gesellschaftsbereichen und weiteren Folgeinnovationen abhängt.

Im Hinblick auf Elektromobilität wird oftmals von einem radikalen Wandel des Automobils und der Automobilität sowie einer Revolution der Automobilbranche gesprochen. Dieser radikale Wandel und die Revolution können heute noch nicht abschließend bewertet werden, da es sich um einen fortschreitenden Prozess handelt, der zum heutigen Zeitpunkt nicht abgeschlossen ist. Allerdings kann anhand der Ereignisse und Entwicklungen der letzten Jahre belegt werden, dass Elektromobilität das Potential hat einen radikalem Wandel und eine revolutionäre Entwicklung auszulösen. Welche tatsächliche, gesellschaftliche Wirkung Elektromobilität haben wird, wird sich erst in den folgenden Jahren oder Jahrzehnten zeigen und maßgeblich von Folgeinnovationen in anderen Gesellschaftsbereichen sowie von der weiteren Verbreitung von Elektromobilität abhängen.

Innovationen entstehen in Systemen, die sich aus der Interaktion von Akteuren bilden und durch spezifische Strukturen und Beziehungen zwischen den Akteuren geprägt sind. Auf dieser Erkenntnis bauen verschiedene Konzepte von Innovationssystemen auf. Interorganisationale Interaktionen nehmen in Innovationssystemen unterschiedliche Formen an, die von losen Netzwerken über Forschungsk Kooperationen bis hin zur Ausbildung formaler Organisationen z. B. als Joint Ventures reichen. Eine spezifische Herausforderung der Förderung und Aufrechterhaltung der

Innovationsleistung der Innovationssysteme ist, die entsprechenden Rahmenbedingungen zu schaffen, in denen sich Strukturen entwickeln, welche die positive Selektion von Innovationen fördern – und das nicht nur im Hinblick auf Technologien, Produkte und Dienstleistungen, sondern auch im Hinblick auf die eigenen Strukturen. Nur so kann gewährleistet werden, dass Innovationssysteme sich ausreichende Flexibilität bewahren, um stets neue Entwicklungspfade zu etablieren oder ihre Grenzen neu zu definieren, z. B. indem sie neue Akteure aus anderen Wirtschaftsbereichen oder Wissenschaftsdisziplinen mit einbeziehen (vgl. Kapitel 2.2.1).

FuE ist dabei ein wichtiger Teil des Innovationssystems, dessen Ziel das Generieren neuerer Ideen und deren Umsetzung in Technologien, Produkte und Dienstleistungen ist. Kooperationen zwischen Organisationen der Wirtschaft und Wissenschaft, die von der Politik gefördert werden, finden sich zumeist im Bereich FuE, wozu auch die Entwicklung von Produktionstechnologien und die Erprobung neuer Produkte und Dienstleistungen gezählt werden können. Diese Kooperationen weisen aufgrund der Heterogenität der beteiligten Organisationen und Akteure eine besondere Innovationsdynamik auf, sind aber gleichzeitig problematisch (vgl. Kapitel 2.2.1).

Verschiedene Konzepte von Innovationssystemen beziehen sich auf unterschiedliche Ebenen, auf denen Innovationssysteme abgegrenzt werden. Einen Überblick über bekannte Vertreter, spezifische Definitionen von Innovationssystemen und Schwerpunkte der verschiedenen Ansätze gibt die folgende Tabelle (vgl. Kapitel 2.2.2, Kapitel 2.2.3):

Tabelle 2.2: Zusammenfassung der verschiedenen Konzepte von Innovationssystemen

Konzepte	Vertreter	Definition	Fokus
Nationale Innovationssysteme	Freeman 1987; Lundvall 1992; Nelson 1993	„constituted by elements and relationships which interact in the production, diffusion and use of new, and economically useful, knowledge ... either located within or rooted inside the borders of a national state“ (Lundvall 1992, S. 2)	Nationale Rahmenbedingungen und deren Auswirkungen auf die internationale Konkurrenzfähigkeit eines Landes
Regionale Innovationssysteme	Cooke 1992, 1996; Braczyk et al., 1998	„geographical distinctive, interlinked organizations supporting innovation and those conducting it, mainly firms“ (Cooke et al. 1996)	Räumlichen Nähe begünstigt Wissensaustausch und Lernprozesse; Wirksamkeit regionaler Koordinationsmechanismen
Sektorale Innovationssysteme	Breschi/ Malerba 1997; Pavitt 1999; Malerba 2004	„A sector is a set of activities that are unified by some related product group for a given or emerging demand and that share some basic knowledge“ (Malerba, 2004, S. 9 f.).	Sektorspezifische Nutzung von Technologien und Wissensquellen, Kundenanforderungen, Intensität und Richtung des Innovationsverhaltens

Techno- logische Systeme	Carlsson/ Stankiewicz 1991; Carlsson 1995	„network of agents interacting in a specific/industrial area under a particular institutional infrastructure or set of infrastructures and involved in the generation, diffusion, and utilization of technology“ (Carlsson/ Staniewicz 1991, S. 111).	Relationen verschiedener Akteure beim Hervorbringung, der Anwendung und Diffusion neuer Technologien
Triple-Helix- Modell	Etzkowitz/ Leydesdorff 2000; Leydesdorff 2005, 2012	“The interaction of three (analytically independent) subdynamics, [...] can destabilize, hyper-stabilize, meta-stabilize, or eventually globalize a relatively stabilized system, and thus change the system at the regime in terms of lock-ins and path-dependencies“ (Ledesdorff 2012, S. 3)	Beziehungen zwischen Organisationen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik und deren koevolutionäre, dynamische Entwicklung

Quelle: eigene Darstellung

Bei der Untersuchung von Innovationssystemen sollten u. a. die folgenden Aspekte beachtet werden, die auf nationaler und regionaler Ebene sowie je nach Sektor und Technologie unterschiedlich ausgeprägt sein können (vgl. Kapitel 2.2.2):

- Zulieferer-Kunden-Beziehungen bzw. Beziehungen entlang der Wertschöpfungskette
- Organisationsstrukturen und -formen
- FuE-Systeme und -Kooperationen
- Strategien zum Umgang mit Technologie, Transfer von Wissen und Innovationsstrategien
- Aus- und Weiterbildungssysteme
- Wirtschafts-, Industrie-, Technologie- und Innovationspolitik
- Rechtliche Regulierungen und Rahmenbedingungen
- Ausbildung von Institutionen im Sinne von Normen und Regeln im Hinblick auf Innovationsaktivitäten

Darüber hinaus zeichnen sich Innovationssysteme durch verschiedene Aktivitäten aus, die eine Systematisierung der Analyse ermöglichen. Diese können sein (vgl. Kapitel 2.2.2):

- FuE
- Qualifizierung und Kompetenzaufbau
- Erschließung neuer Märkte
- Artikulation von Qualitätsansprüchen
- Schaffen von Finanzierungsmöglichkeiten
- Bereitstellung von Beratung und Service
- Erhalt der Flexibilität und Offenheit des Systems sowie der Heterogenität der Organisationen
- Aufbau von Beziehungen über die Systemgrenzen hinweg

Das Tripel-Helix-Modell beschreibt und betont die Bedeutung der koevolutionären und dynamischen Entwicklung der Beziehungen zwischen Organisationen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik für Innovationssysteme. Innerhalb von Innovationssystemen wirken die unterschiedlichen Rationalitäten und Selektionsmechanismen der unterschiedlichen Funktionssysteme zusammen und aufeinander. Dabei entstehen gerade durch die Kooperation von Organisationen aus allen drei Funktionssystemen besondere Innovationspotentiale (vgl. Kapitel 2.2.3).

Auch in der Automobilindustrie spielen die Beziehungen zwischen Organisationen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik eine wichtige Rolle bei der Gestaltung von Innovationssystemen. Eine enge Verflechtung von industrieller FuE mit wissenschaftlicher Grundlagen- und Anwendungsforschung steigert die Umsetzung von Ideen in Technologie, Produkte und Dienstleistungen. Während Wirtschaftsorganisationen oft finanzielle Ressourcen für die Wissenschaft bereitstellen, versorgen die Universitäten und andere wissenschaftliche Einrichtung die Wirtschaft mit einem kontinuierlichen Strom neuen Ideen und qualifiziertem Personal. Politische Einrichtungen können versuchen durch gezielte Förderprogramme die Richtung von Innovationen zu beeinflussen, die Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft fördern und selbst in Innovationssystemen aktiv werden. Gerade im Bereich Elektromobilität spielen sie eine wichtige Rolle beim der Initiierung von Forschungsprojekten, dem Aufbau der notwendigen Infrastruktur und der Bereitstellung von Testfeldern.

Da die Konzepte von Innovationssystemen im Hinblick auf den verwendeten Systembegriff untertheoretisiert bleiben, kann eine Ergänzung durch Definitionen, Begriffe und Annahmen der soziologischen Systemtheorie, vor allem neuerer Ansätze nach Niklas Luhmann, diese Lücke schließen. Aus systemtheoretischer Perspektive müssen Innovationssysteme als soziale Interorganisationssysteme definiert werden, die – wie alle sozialen Systeme – selbstreferenziell und autopoietische Kommunikationssysteme sind, die operativ geschlossen und strukturell mit ihrer Umwelt gekoppelt sind. Interorganisationssysteme bilden sich durch die Interaktion von Organisationen und können so als Ordnungsebene zwischen Organisationen und gesellschaftlichen Funktionssystemen verstanden werden. Interorganisationssysteme bilden sich als Folge zunehmender, gesellschaftlicher Ausdifferenzierung und bieten eine Möglichkeit der Kommunikation zwischen Funktionssystemen. Man könnte auch sagen sie liegen „quer“ zu den gesellschaftlichen Funktionssystemen. Die in ihnen interagierenden Organisationen und Akteure lassen sich wiederum überwiegend primär einem Funktionssystem in der Regel der Wirtschaft, Wissenschaft oder Politik zuordnen. Die Strukturen sozialer Systeme bilden sich aus den Erwartungen, die an bestimmte Operationen gestellt werden. In Organisationen sind diese Entscheidungsprämissen, die als Grundlage für folgende Entscheidungen dienen. Strukturen sind Ergebnisse von Selektionsprozessen. Sie schränken das Set möglicher Anschlusskommunikationen und -interaktionen ein. Innerhalb von Innovationssystemen differenzieren sich wiederum Subsysteme aus, die aus mehr oder weniger

engen Verbindungen zwischen den beteiligten Organisationen bestehen und unterschiedliche Formen, von losen Netzwerken bis hin zu formalen Organisationen, annehmen können (vgl. Kapitel 2.3.1).

Systembildung ist grundsätzlich funktional. Die Funktion von Innovationssystemen besteht im Allgemeinen darin, Produktion und Austausch von Wissen zwischen Akteuren zu beschleunigen und Innovationen voranzutreiben, indem Akteure verschiedener Funktionssysteme, die an der Erfindung, Entwicklung und Diffusion einer Innovation beteiligt sind, ihre Aktivitäten koordinieren. Aufgrund der Geschwindigkeit und Vielfalt von Innovationen sind Organisationen in zunehmend ausdifferenzierten Gesellschaften nicht in der Lage Innovationsprozesse alleine zu bewältigen. Die Interaktion mit anderen Organisationen in Innovationssystemen bieten den einzelnen Organisationen zahlreiche Vorteile wie die Erweiterung der verfügbaren Wissensbasis, die Akkumulation von Ressourcen und die Verteilung und Reduktion von Risiken und Unsicherheiten. Allerdings funktioniert die Kommunikation in Innovationssystemen nicht problemlos. Die größte Herausforderung besteht darin, dass sich Organisationen aus unterschiedlichen Funktionssystemen nicht auf ein gemeinsames Referenzsystem, einen geteilten Code, beziehen können. Aus diesem Grund müssen Innovationssysteme ihre Identität aus der gemeinsamen Funktion beziehen (vgl. Kapitel 2.3.1). Im Triple-Helix-Modell wird betont das gerade im Aufeinandertreffen der unterschiedlichen Rationalitäten und Selektionsmechanismen das Innovationspotential von Innovationssystemen liegt, da Innovationen durch das gegenseitigen Infrage stellen der jeweiligen Systemlogiken und die stetige, wechselseitige Anpassung der Strukturen entstehen (vgl. Kapitel 2.2.3).

Die soziologische Systemtheorie konzipiert Wandel sozialer Systeme als Evolution. Daraus folgt das Entwicklungsprozessen immer systemintern abläuft. Sie kann von außen, d. h. von Systemen der Umwelt zwar angeregt, aber nicht gesteuert werden. Da die Evolutionsmechanismen Variation, Selektion und Retention nur lose gekoppelt sind und sich auf unterschiedliche Systemebenen beziehen, ist der Ablauf evolutionärer Entwicklung nicht vorhersehbar und nicht planbar. Evolution verläuft so scheinbar zufällig, aber nicht willkürlich. Da Operationen innerhalb von Systemen immer aneinander anschließen und Variation immer nur im Hinblick auf vorhandene Routinen stattfinden kann, ist Evolution strukturabhängig. Evolution führt stets zu einer Steigerung von Komplexität, auf die Systeme überwiegend mit Ausdifferenzierung und Systembildung reagieren (vgl. Kapitel 2.3.2). Auch hier finden sich Parallelen zum Triple-Helix-Modell, welches davon ausgeht, dass etablierte Innovationssysteme auf neue Innovationsfelder mit Ausdifferenzierung reagieren (vgl. Kapitel 2.2.3). Evolution ist kein isoliertes Ereignis, denn die verschiedenen Systeme innerhalb der Gesellschaft sind strukturell miteinander gekoppelt. Strukturelle Kopplung resultiert daraus, dass sich Systeme immer in Abgrenzung zu ihrer Umwelt bilden. So beeinflussen sich die verschiedenen, in Innovationssystemen interagierenden Organisationen in ihrer Entwicklung gegenseitig, was auch für die

verschiedenen, gesellschaftlichen Funktionssysteme gilt. Sie entwickeln sich koevolutionär. In Triple-Helix-Modell wird für Koevolution die Metapher der „Triple-Helix“ benutzt, in der die drei Stränge zwar voneinander abgrenzbar, aber miteinander verbunden sind und so eine gemeinsame Entwicklungsrichtung einschlagen. Jede Evolution löst eine Reihe von Folge- und Koevolutionen innerhalb des Systems und in dessen Umwelt aus, die wiederum dasselbe tun. Die soziologische Systemtheorie bietet demnach mit der Konzeption von gesellschaftlichem Wandel als Koevolution ein Erklärungsmodell für dessen zunehmende Beschleunigung. Die Koevolution der in Innovationssystemen interagierenden Organisationen unterschiedlicher Funktionssysteme ist besonders für die Weiterentwicklung und Verbreitung von Innovationen bedeutend. Erst in der Interaktion mit Organisationen aus anderen Gesellschaftsbereichen können Ideen so weiterentwickelt werden, dass eine weitere gesellschaftliche Diffusion wahrscheinlicher wird (vgl. Kapitel 2.3.3).

Die systemtheoretische Konzeption des Strukturwandels von Innovationssystemen offenbart das Problem, dass durch die weit verbreitete Gleichsetzung von Innovation mit Fortschritt, Verbesserung und Erfolg entsteht. Innovation kann, muss aber nicht zu einer Verbesserung im Sinne einer besseren Passung von System und Umwelt führen. Da Evolution nicht planbar ist, kann Koevolution auch keine Problemlösungsstrategie sein. Die Vorstellung, dass Innovationen, die aus der Interaktion heterogener Akteure und Organisationen hervorgehen, immer erfolgreicher im Sinne ihrer gesellschaftlichen Durchsetzung sind, muss zwangsläufig enttäuscht werden, da in Innovationsprozesse auch immer mit Rückschlägen gerechnet werden muss und diese mitunter auch scheitern können. Der Vorteil der Interaktion von Organisationen und Akteuren in Innovationssystemen liegt somit nicht in gesteigerten Erfolgchancen von Innovationsprozessen, sondern in der zunehmenden Innovationsdynamik bzw. Innovativität der Systeme.

Eine weitere, wichtige Erkenntnis, die sich aus der Konzeption von Strukturwandel von Innovationssystemen als Koevolution ergibt, ist, dass die Entwicklung von Innovationssystemen nicht gesteuert werden kann. Obwohl oftmals politisch gewünscht, ist eine Steuerung von Innovationsprozessen durch das politische System nicht möglich. Diese Erkenntnis findet sich auch in den Konzepten der Governance und Global Governance. Steuerung des Wandels von Innovationssystemen kann allenfalls als Kontextsteuerung stattfinden. Ähnlich wie Organisationen Reformen mit dem Ziel der Verbesserung der eigenen Strukturen und Prozesse zwar initiieren, deren weitere evolutionäre Entwicklung aber nicht steuern können, können die an Innovationssystemen beteiligten Organisationen zwar Kontextbedingungen schaffen, welche bestimmte Innovationen begünstigen, den Verlauf der Innovationsprozesse und den Strukturwandel der Innovationssysteme aber nicht gezielt steuern (vgl. Kapitel 2.3.3).

Die Ergänzung der Konzepte von Innovationssystemen durch die soziologische Systemtheorie und die systemtheoretische Konzeption des Strukturwandels von Innovationssystemen eignet sich zunächst

zur Systematisierung der Begriffe und Annahmen, die in der folgenden Analyse verwendet werden. Darüber hinaus können aus den systemtheoretischen Annahmen Fragestellungen und Hypothesen abgeleitet werden, die anhand empirischer Beobachtungen geprüft werden können. Die für diese Arbeit abgeleiteten Fragestellungen und Hypothesen werden im Folgenden thematisiert.

2.4.2 Ableitung von Hypothesen und Fragestellungen

Aus den verschiedenen, theoretischen Annahmen zu Innovationen und Innovationssystemen lassen sich Hypothesen und Fragestellungen ableiten, die in den folgenden Kapiteln weiter ausgearbeitet und an empirischen Befunden überprüft werden. Dabei werden die verschiedenen Hypothesen und Fragestellungen je nach Relevanz für die übergeordnete Frage nach dem Strukturwandel der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie durch Elektromobilität aufgegriffen und durch empirische Beobachtungen unterlegt.

Die Innovation Elektromobilität stellt die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie vor strukturellen Herausforderungen, deren Bewältigung maßgeblich von deren Wandlungsfähigkeit abhängen. Zu diesen Herausforderungen gehören der Umgang mit einer generellen Beschleunigung der Innovationsprozesse und mit den Anforderungen branchenübergreifender und interdisziplinärer Zusammenarbeit, die durch schwindende Grenzen zwischen traditionell getrennten Wissens- und Technikgebieten entsteht (vgl. auch Blöcker 2001, S. 2 f.).

Elektromobilität umfasst dabei mehr als die Elektrifizierung von Automobilen oder die Entwicklung von Elektroautos. Elektromobilität meint, dass Elektrofahrzeuge (auch „*electric vehicles*“, im Folgenden EV) Teil einer inter- und multimodalen, nachhaltigen Mobilität sind, bei der Elektroautos mit anderen Verkehrsmittel kombiniert werden, z. B. mit Fahrrädern und Pedelecs (Elektrofahrräder), Bussen z. B. mit Hybrid-, Elektro- oder Wasserstoffantrieben und elektrischem Schienenverkehr. Die Annahme der ökologischen Nachhaltigkeit erfolgt unter der Voraussetzung, dass dabei Strom aus regenerativen Energiequellen verwendet wird. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf Elektroautos, die dabei immer als Teil von Elektromobilität gedacht werden.

Um von Elektromobilität als Innovation sprechen zu können, muss der gesamte Prozess von der Erfindung verschiedener EV, über deren Anpassung, Weiterentwicklung und Verknüpfung zu neuen Mobilitätsformen, bis hin zur breiten, gesellschaftlichen Verbreitung von Elektromobilität betrachtet werden. Da Innovationsprozesse zirkulär verlaufen und ihre Reichweite nur rückwirkend bewertet werden kann, lässt sich die Reichweite der Innovation Elektromobilität (noch) nicht abschließend bestimmen. Der Fokus dieser Arbeit liegt nicht auf den mit Elektromobilität verbundenen

Innovationen an sich und sondern auf dem damit verbundenen Strukturwandel der Innovationssysteme. Der bisherige Verlauf der Innovationsprozesse in diesem Bereich wird in den folgenden Kapiteln immer dann aufgegriffen, wenn dies für die Analyse des Strukturwandels wichtig erscheint. Der systemische Charakter von Innovationsprozessen impliziert, dass bei der Untersuchung von Innovationsprozessen die Zirkularität der Prozesse und damit die Ursachen, Voraussetzungen, Komplementär- und Folgeinnovationen beachtet werden müssen. Die aktuell zunehmende Verbreitung von Elektromobilität hat vielfältige Ursachen, beruht auf bestimmten, historischen und gesellschaftlichen Voraussetzungen, bedarf für ihre Verbreitung komplementärer Innovationen, führt aber nicht nur zu komplementären sondern auch zu widersprüchlichen Folgeinnovationen. Dies führt zu einer ständigen Anpassung der Innovationen im Laufe des Innovationsprozesses. Elektroautos können deshalb nicht als rein technische Innovationen betrachtet werden, sondern bei ihrer Beschreibung müssen ökonomische, organisatorischen, soziale, politische usw. Innovationen mit berücksichtigt werden. Für die folgende Analyse sind demnach sämtliche technologischen Innovationen im Zusammenhang mit EV interessant, z. B. die Komponenten des elektrischen Antriebs, die Schnittstellen zu Stromversorgung und die damit verbundenen Ladetechnologie und -infrastruktur sowie die für die Steuerung der Energieversorgung notwendige IKT. Darüber hinaus sind ökonomische Innovationen z. B. der Geschäfts- und Vertriebsmodelle, organisatorische Innovationen, die z. B. die Organisation des Wertschöpfungsprozesses betreffen, soziale Innovationen, die z. B. das Mobilitätsverhalten der Menschen betreffen, und politische Innovationen z. B. der Förderstrategien und Regulierungen relevant.

Eine weitere Implikation aus dem systemischen Charakter von Innovationsprozessen ist die schwerpunktmäßige Betrachtung der an den Innovationsprozessen beteiligten, heterogenen Akteure sowie deren Beziehungen und Interaktionen. Dieser Fokus auf die beteiligten Organisationen, aus deren Interaktion sich Innovationssysteme bilden, findet sich einerseits in den verschiedenen Konzepten von Innovationssystemen, lässt sich andererseits systemtheoretisch aus der Bildung sozialer Systeme durch Kommunikation erklären. Innovationssysteme liegen „quer“ zu den gesellschaftlichen Funktionssystemen, da sie sich aus der Interaktion von Organisationen aus verschiedenen Funktionssystemen als Interorganisationssysteme ausdifferenzieren. Die Untersuchung der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie und deren Strukturwandel durch Elektromobilität beinhaltet die folgenden Punkte:

- Analyse der Akteure und Organisationen sowie deren Interaktionen und Beziehungen: Wer ist an den Innovationssystemen beteiligt? In welcher Beziehung stehen die Organisationen zueinander? Wie interagieren sie?

- Analyse der Strukturen der Innovationssysteme und deren Veränderung: Welche Strukturen bestehen innerhalb der Innovationssysteme? Wie verändern sich diese durch die Innovationsprozesse der Elektromobilität?
- Analyse der verschiedenen Formen der Zusammenarbeit und deren Rückwirkungen auf das Gesamtsystem: Welche Formen der Ausdifferenzierung finden sich innerhalb der Innovationssysteme? Wer ist an diesen Prozessen beteiligt? Wie verändern sich dadurch die Innovationssysteme?
- Analyse der Offenheit der Innovationssysteme: Elektromobilität eröffneten Möglichkeit für Unternehmensgründungen, Unternehmen, die diese Nischen schon vorher besetzt haben, und Organisationen anderer Branchen oder Disziplinen, die oftmals Innovationsprozesse schneller vollziehen können als etablierte Organisationen. Diese Organisationen bringen Kompetenzen aus anderen Bereichen in bestehende Innovationssysteme ein. Anschließende Fragen sind: Werden neue Akteure und Organisationen in die Innovationsprozesse integriert? Welche neuen Strukturen ergeben sich daraus? Welche neuen Entwicklungspfade werden im Hinblick auf Elektromobilität eingeschlagen? Gibt es Resistenzen gegenüber Veränderungen?
- Analyse der FuE-Kooperationen, in denen Wirtschaft-Wissenschaft-Politik-Beziehungen (im Folgenden „Triple-Helix-Kooperationen“) entstehen, als bedeutender Teil der Innovationssysteme: Werden in den Innovationssystemen die besonders innovativen Potentiale von Triple-Helix-Kooperationen genutzt?

Die letzte Fragestellung ergibt sich aus der Hypothese, dass Innovationssysteme, in denen Triple-Helix-Kooperationen bestehen, ein besonders hohes Innovationspotential haben. Diese These lässt sich aus der Annahme des Triple-Helix-Modells ableiten, dass Innovationen dann entstehen, wenn die verschiedenen Systeme ihre jeweiligen Logiken und Rationalitäten gegenseitig infrage stellen. Während zwei Systeme ihre Entwicklung aufeinander abstimmen können, was zur Verfestigung technologischer Entwicklungspfade führt, bleiben die Beziehungen zwischen drei Systemen trotz koevolutionärer Entwicklung dynamisch.

Die Annahmen der soziologischen Systemtheorie zur Beschleunigung evolutionärer Entwicklung durch zunehmende Komplexität untermauert ebenfalls diese Hypothese. Die Heterogenität der Akteure steigert die Innovationsaktivität innerhalb der Innovationssysteme, was allerdings keine Aussagen über den Erfolg einzelner Idee bzw. Erfindungen und deren Weiterentwicklungen erlaubt. Diese Hypothese wird ergänzt durch die Annahme, dass die Offenheit des Systems für Neues das Innovationspotential weiter steigert.

Die Analyse der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie findet auf unterschiedlichen Ebenen statt:

- Auf nationaler Ebene beeinflussen unter anderem die nationale Gesetzgebung, die Politik der Bundesregierung, die nationalen Wirtschaftsstrukturen, die Finanzsysteme, die Bildungs- und Ausbildungssysteme sowie das System industrieller Beziehungen die Innovationsprozesse.
- Auf regionaler Ebene finden sich regional unterschiedliche Bedingungen z. B. bezüglich regionaler Wirtschaftsstrukturen und -cluster, FuE-Bedingungen und regionaler Politik.
- Internationale Beziehungen und Bedingungen werden für Innovationssysteme relevant, wenn die Innovationsprozesse über nationale Grenzen hinweg entstehen oder Relevanz haben, was in einem globalisierten Wirtschaftsraum überwiegend der Fall ist. Auf europäischer Ebene haben bspw. EU-Regulierungen der Wirtschaft einen Einfluss; internationale Klimaschutzkonferenzen und -abkommen haben maßgeblich zur Beschleunigung der Innovationsprozesse der Elektromobilität beigetragen; Organisationen der Wirtschaft und Wissenschaft konkurrieren und kooperieren über nationale Grenzen hinweg.
- Auf sektoraler Ebene prägen spezifische Eigenschaften der Innovationssysteme der Automobilbranche die Innovationsprozesse, die sich auf die Formen und das Ausmaß von Wissensaustausch und den Umgang mit Technologien und technologischen Entwicklungen beziehen.
- Auf technologischer Ebene standen bisher Innovationsprozesse rund um den Verbrennungsmotor im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit. Durch Elektromobilität verliert dieser Pfad der Technologieentwicklung seine zentrale Bedeutung und andere Technologien im Zusammenhang mit elektronischen Antriebssystemen rücken in den Mittelpunkt.
- Anhand der verschiedenen Aktivitäten innerhalb der Innovationssysteme lassen sich die Innovationsprozesse im Zusammenhang mit Elektromobilität systematisieren.

Aus systemtheoretischer Sicht ist Systembildung funktional. Das gilt auch für Innovationssysteme, die sich im Hinblick auf bestimmte Funktionen wie die Unterstützung und Beschleunigung von Innovationsprozessen hin bilden. Anhand der Funktionen bilden sich die Strukturen innerhalb eines Systems aus. Da Organisationen aus unterschiedlichen Funktionssystemen ihre Interaktionen nicht an einem geteilten Code ausrichten können, müssen sie diese an gemeinsamen Zielen ausrichten, die allen Beteiligten einen Vorteil versprechen, z. B. im Sinne von Wettbewerbs- oder Wissensvorsprüngen.

Eine Hypothese in diesem Zusammenhang ist, dass Triple-Helix-Kooperationen nicht nur ein besonders Innovationspotential, sondern auch ein erhöhtes Konfliktpotential beinhalten. Die Definition und Ausrichtung der Aktivitäten an gemeinsamen Zielen ohne Rückgriff auf ein geteiltes Referenzsystem bzw. einen gemeinsamen Code ist zunächst einmal unwahrscheinlich und erfordert eine spezifische Leistung der beteiligten Systeme, die eine gewisse, gegenseitige Anpassung erfordert. Findet diese nicht statt, scheitert die Zusammenarbeit.

Der soziologischen Systemtheorie folgend findet Wandel sozialer Systeme, also auch in Innovationssystemen, als Evolution statt. Die beteiligten Systeme entwickeln sich dabei koevolutionär. Dies impliziert, dass weder genaue Ursachen bzw. Auslöser des Wandels ausgemacht werden können, noch dessen Richtung im Vorfeld bestimmt oder beeinflusst werden kann. Die Ursachen für die aktuelle Beschleunigung der Innovationsprozesse der Elektromobilität sind vielschichtig und können nicht isoliert bestimmt oder analysiert werden. Die weltweite Wirtschaftskrise, der damit verbundene Absatzrückgang auf den Automobilmärkten, die gesellschaftlichen und politischen Veränderungen im Umgang mit dem anthropogenen Klimawandel können zu den Ursachen für die Öffnung der Innovationssysteme der Automobilindustrie für Elektromobilität gezählt werden. Der Umgang der internationalen Konkurrenz mit Elektromobilität, politische Programme zu deren Förderung und verstärkte Regulierung der CO₂-Emissionen beeinflussen ebenfalls die Innovationsprozesse. Eine Diskussion möglicher Ursachen und deren Einflusses auf den Strukturwandel der Innovationssysteme findet sich in Kapitel 3.

Die Evolution der Strukturen von Innovationssystemen und die Koevolution der beteiligten Akteure implizieren außerdem, dass Innovationsprozesse in ihrer Richtung und ihrem Ergebnis nicht prognostizierbar und nicht planbar sind. Dennoch sind Evolution und Koevolution keine willkürlichen Prozesse, da sie strukturdefiniert sind. Eine völlige Neuerfindung der Automobilbranche als Elektroautobranche oder der Mobilität als Elektromobilität ist deshalb nicht möglich. Auch ein radikaler Umbruch setzt immer an den vorhandenen Rahmenbedingungen an. In Bezug auf Elektromobilität besteht Strukturtermination z. B. in Form von vorhandener Infrastruktur für konventionelle Fahrzeuge oder in Form von Nutzungsgewohnheiten im Umgang mit konventionellen Fahrzeugen, die Geschwindigkeit des Wandels und die Erwartungen, die an Elektroautos gestellt werden, beeinflussen. Innerhalb der Automobilindustrie und -forschung gibt es bestimmte Machtverhältnisse und bevorzugte Formen der Zusammenarbeit, die neuen Akteuren die Beteiligung an den Innovationsprozessen erschweren und so ebenfalls die Geschwindigkeit des Wandels bedingen. Veränderungsprozesse der Strukturen von Innovationssystemen können, unabhängig von der Reichweite von Innovationen, nur als gradueller Transformationsprozess verstanden werden, der nicht gradlinig verläuft, sondern in dem „Rückschläge“ als Teil des Prozesses betrachtet werden müssen.

Eine direkte Steuerung des Strukturwandels ist nicht möglich, da die Mechanismen der Evolution und Koevolution nur zufällig zusammenhängen. Die Möglichkeiten der politischen Steuerung von Innovationssystemen sind deshalb gering und können höchstens in Form von Kontextsteuerung z. B. durch bestimmte Fördermaßnahmen oder Regulierungen bestimmte Variationen anregen. Ob und wie diese in den beteiligten Systemen weiter verarbeitet werden, in welcher Form sie durch Selektion und Retention in die Strukturen der Systeme aufgenommen und im System-Umwelt-Verhältnis verfestigt werden, kann nicht direkt gesteuert werden.

Durch Koevolution beeinflussen sich die an Innovationssystemen beteiligten Systeme gegenseitig. Sie passen sich unter Umständen aneinander an, in dem sie Strukturelemente anderer Systeme in ihren Strukturen aufnehmen. Zumindest wirken ihre jeweiligen Interaktionen und Entwicklungen aufeinander und bewirken so eine gegenseitige „Irritation“. Die Anpassung an gekoppelte Systeme der Umwelt stellt eine Form der gesellschaftlichen Integration dar, obwohl von einer integrierenden Wirkung nicht unbedingt ausgegangen werden kann. Teil der folgenden Analyse ist es deshalb, die integrierende und desintegrierende Wirkung koevolutionärer Entwicklungen innerhalb der Innovationssysteme zu beobachten und zu beschreiben.

2.4.3 Methodisches Vorgehen

Für diese Arbeit wurde ein Vorgehen gewählt, das sich an der Forschungsstrategie multipler Fallstudien orientiert. Die gesamte Fülle der Aktivitäten der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie ist so groß, dass sie in Rahmen dieser Arbeit nicht abgebildet werden kann. Aus diesem Grund wird eine theoriegeleitete Auswahl getroffen. Die Auswahl der verschiedenen, in die Analyse ausgenommenen Fälle richtet sich an den in den Innovationssystemen aktiven Organisationen und deren Interaktionen aus. Dabei werden Organisationen der Automobilindustrie, sowohl Automobilhersteller (Original Equipment Manufacturer, OEM) als auch Zulieferer, neue und branchenfremde Unternehmen, wissenschaftliche Organisationen, die traditionell mit der Automobilindustrie verbunden sind, sowie solche, die durch Innovationen der Elektromobilität neu in die Innovationssysteme integriert werden, betrachtet. Für eine erste Auswahl sind Organisationen interessant, die bisher die Innovationssysteme stark geprägt haben, sowie solche, die Innovation im Zusammenhang mit Elektromobilität maßgeblich vorantreiben. Ein Schwerpunkt liegt außerdem auf Kooperationsprojekten von Organisationen, die von der Bundes- oder einer Landesregierung gefördert werden, da in diese Projekte oftmals Partner aus verschiedenen Funktionssystemen zusammenarbeiten. Einen spezifischen Fall stellen die Modellregionen für Elektromobilität dar, bei denen es sich um neu gebildete Innovationssysteme handelt, die Teil der Förderung des Ausbaus und der Markt- und Technologievorbereitung von Elektromobilität durch die Bundesregierung seit 2009 sind. Die Förderung der Modellregionen wird seit 2012 bis 2016 durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)⁹ fortgeführt (vgl. BMVBS 2011a). Neben den Modellregionen gibt es seit 2012 die „Schaufenster Elektromobilität“, die ebenfalls von der Bundesregierung gefördert werden und regionale Innovationssysteme bilden (vgl. Deutsches Dialog Institut 2014).

⁹ Seit 2013 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

Fallstudien sind eine bevorzugte Forschungsstrategie bei der Untersuchung aktueller, sozialer Phänomene unter Einbezug des gesellschaftlichen Kontexts vor allem dann, wenn nach dem „Wie“ oder „Warum“ gefragt wird. Hartley (2004) definiert Fallstudien als „consist[ing] of a detailed investigation, often with data collected over a period of time, of phenomena, within their context, with the aim being ‘to provide an analysis of the context and processes which illuminate the theoretical issues being studied’ (p. 323)” (Kohlbacher 2005, Abs. 15). Fallstudien beziehen sich auf unterschiedliche Quellen, z. B. auf Dokumente, Archivbestände, Interviews oder Beobachtungen, und beziehen neben qualitativen auch quantitative Daten mit ein. Datensammlung und -auswertung werden in einem iterativen Prozess entwickelt. Die Datenauswertung wird durch den Vergleich mit bereits vorhandener Literatur auf ihre Gültigkeit und auf vorhandene Abweichungen überprüft (vgl. Kohlbacher 2005, Abs. 13 ff.).

Die methodische Grundlage der Arbeit bildet eine umfangreiche Dokumentenrecherche zur empirischen Beschreibungen des Strukturwandels der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie durch Elektromobilität. Entsprechende der Fokussierung der Fragestellung wurden solchen Dokumente besonders beachtet, welche die Interaktionen der an Innovationsprozessen im Zusammenhang mit Elektromobilität beteiligten Akteure sowie den Strukturwandel der Innovationssysteme beschreiben. Als Dokumente wurden Texte zu Innovationsprozessen und Kooperationen im Bereich Elektromobilität aus dem Zeitraum Sommer 2009 bis Sommer 2015 herangezogen. Diese finden sich einerseits in der allgemeinen Fachpresse der Automobilindustrie, z. B. der Zeitschrift „Automobilwoche“ sowie deren Onlineberichterstattung (unter www.Automobilwoche.de), und in der spezifischen Fachpresse zur Elektromobilität, die z. B. von Branchendienstleitern wie electrive.net zusammengefasst wird, und andererseits in der Berichterstattung in Projekt- und Kooperationszusammenhängen in Form von Projekt- und Ergebnisberichten sowie Veröffentlichungen von Unternehmen, wissenschaftlichen Einrichtung, der Bundesregierung, Bundes- und Landesministerien, Städten und Kommunen, die an der Erforschung und Vermarktung von Elektromobilität beteiligt sind, die Entwicklung und Produktion von Hybrid- und Elektrofahrzeugen und/ oder die Förderung und Regulierung von Elektromobilität vorantreiben und mitgestalten. Die Analyse nimmt ihren Ausgang in der deutschen Automobilindustrie und den dort angesiedelten Organisationen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Sie geht aber über die Grenzen des nationalen Kontextes hinaus und bezieht Akteure aus dem Ausland sowie globale und internationale Aktivitäten der beteiligten Akteure mit ein.

Die Datenanalyse wird in Anlehnung an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (1994, 2000a) durchgeführt. Qualitative Methoden bieten sich für die Untersuchung von Wandel an, da sie sensibel für den Kontext sozialer Phänomene sind und die Untersuchung der Voraussetzungen, Beteiligten und Abläufen von Wandel ermöglichen. Kohlbacher (2005) argumentiert für eine gemeinsame

Verwendung von Fallstudien und qualitativer Inhaltsanalyse, wobei sich Forschungsstrategie und Methode im Sinne der Triangulation optimal ergänzen würden. Der Begriff „Triangulation“ wird in den Sozialwissenschaften verwendet, um die Verwendung verschiedener Methoden und Daten zur Untersuchung empirischer Phänomene zu beschreiben.¹⁰ Fallstudien ermöglichen eine mehrdimensionale Perspektive, bei der theoretische Ableitungen induktiv aus der Analyse der Fälle entwickelt werden. Die qualitative Inhaltsanalyse ist eine Methode, die einen solchen induktiven Ansatz unterstützt. Durch den offenen Analyseansatz ermöglicht die qualitative Inhaltsanalyse den Umgang mit der Komplexität sozialer Phänomene. Soziale Phänomene werden im Hinblick auf den spezifischen Kontext analysiert. Darüber hinaus ermöglicht die qualitative Inhaltsanalyse eine teilweise Quantifizierung der Daten, z. B. in Bezug auf die Häufigkeit und Verteilung bestimmter Kategorien (vgl. Kohlbacher 2005, Abs. 72 ff.).

Die qualitative Inhaltsanalyse ist eine systematische, regelgeleitete, qualitative Analyse von Texten, welche die Stärken der quantitativen Inhaltsanalyse aufgreift und durch qualitative-interpretative Auswertungsschritte erweitert. Zentral für eine inhaltsanalytische Vorgehensweise sind u. a. die Einordnung der Analyse in ein Modell, welches die Ziele der Analyse festlegt, die Regelgeleitetheit der Zerlegung des Materials in Analyseeinheiten und deren schrittweise Bearbeitung, die zentrale Stellung der Kategorien, die induktiv oder deduktiv begründet und im Laufe der Auswertung überarbeitet werden (vgl. auch Mayring 2000b, Abs. 1 ff.).

Die qualitative Inhaltsanalyse rückt zwei Ansätze der Kategorienentwicklung und -anwendung in das Zentrum der Analyse. Die induktive Kategorienentwicklung dient einer möglichst nahen Auswertung am Material, indem die Kategorien sukzessive aus dem Material heraus entwickelt werden. Bei der induktiven Kategorienentwicklung handelt es sich um eine systematische Reduktion des Materials. Nach einer theoretisch begründeten und an der Fragestellung orientierten Festlegung von Kriterien, nach denen Aspekte im Material berücksichtigt werden, werden schrittweise Kategorien heraus- und überarbeitet. Bei der deduktiven Kategorienanwendung wird das Material anhand von vorher festgelegten, theoretisch begründeten Kategorien analysiert und zugeordnet. Im Anschluss an beide Verfahren findet eine Interpretation der Ergebnisse und eventuell eine quantitative Auswertung bspw. nach Häufigkeiten statt (vgl. Mayring 2000b, Abs. 8 ff.). Eine Kombination der beiden Ansätze ist bspw. durch die zunächst induktive Entwicklung von Kategorien an einem Teil des Materials und eine folgende, deduktive Kategorienanwendung am restlichen Material denkbar. Entscheidend erscheint dabei, dass auch in der zweiten Phase der deduktiven Kategorienanwendung eine Überarbeitung der Kategorien anhand des Materials stattfindet.

¹⁰ Kohlbacher verweist für einen Überblick zum Thema Triangulation u. a. auf Wolfram Cox und Hassard 2005 (vgl. ebda., Abs. 73).

Für die Inhaltsanalyse der Texte für diese Arbeit lassen sich aus der Fragestellung und den vorangegangenen, theoretischen Überlegung folgende Auswertungsaspekte ableiten, die für die Entwicklung von Kategorien herangezogen werden:

- Akteure der Innovationssysteme, womit überwiegend kollektive Akteure bzw. Organisationen, die sich den unterschiedlichen, gesellschaftlichen Funktionssystemen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik mehr oder weniger eindeutig zuordnen lassen und entweder zu den etablierten Organisationen der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie gehören oder neue Organisationen sind, die zuvor kaum oder keine Relevanz für diese Innovationssysteme hatten.
- Interaktionen und Beziehungen der Akteure, die mehr oder weniger stark formalisiert und organisiert sind, mehr oder weniger dauerhaft angelegt und beständig sind.
- Innovationsaktivitäten der Akteure unterscheiden sich je nachdem auf welchen Bereich der Elektromobilität, z. B. auf gesamte Fahrzeuge, zentrale Komponenten wie die Batterie, unterstützende Systeme wie Ladeinfrastruktur oder IKT oder marktorientierte Bereiche wie Geschäftsmodelle oder Nutzerakzeptanz, und auf welche Phase des Innovationsprozesses sie sich beziehen, z. B. FuE, Produktion, Test und Erprobung, Vertrieb und Nutzung, oder generell auf die Förderung des Wissensaustausches innerhalb der Innovationssysteme.

3. Die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie und die Einführung von Elektromobilität

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts befindet sich die Automobilbranche in einer Umbruchssituation. Auslöser der Veränderungen sind einerseits die wirtschaftlich angespannte Lage der Branche, die in der Finanz- und Wirtschaftskrise der vergangenen Jahre deutlich zum Ausdruck kam und verschiedene Ursachen hat, z. B. die zunehmende globale Konkurrenz und die Verschiebungen auf den weltweiten Absatzmärkten, die vielfach bestehende Inflexibilität der Organisationsstrukturen sowie die zunehmende Infragestellung des seit hundert Jahren vorherrschenden, technologischen Paradigma der Branche. Dieses technologische Paradigma sieht den Verbrennungsmotor als „Herzstück“ des Automobils und das Automobil als Universalfahrzeug. Alternative Antriebskonzepte sind zwar schon seit den 1970er Jahren Teil der FuE, wurden aber selten bis zur Marktreife gebracht. Eine Verbreitung über Nischenmärkte hinaus gab es nicht. Die aktuellen, gesellschaftlichen Diskussionen und politischen Maßnahmen zur Regulierung von Treibhausgasemissionen und Förderung von Elektromobilität haben ihren Ursprung in dem zunehmenden Konflikt zwischen Ölabhängigkeit, Ressourcenverbrauch und CO₂-Emissionen einerseits und Ressourcenverknappung und Klimawandel andererseits. Diese Entwicklungen deuten darauf hin, dass ein technologischer Paradigmenwechsel in den nächsten Jahren bevorstehen könnte (vgl. u. a. Canzler/ Wentland/ Simon 2011; Freyssenet 2010, 2009, S. 443 ff.).

In der Automobilindustrie hat es im Laufe ihres über hundertjährigen Bestehens immer wieder Phasen des Umbruchs gegeben, die entweder das Automobil als Produkt oder dessen Produktion betrafen. Eine der ersten, weitreichenden Veränderungen erfuhr die Branche nach einer vergleichsweise kurzen Phase der handwerklichen Produktion durch die Einführung der Massenproduktion ab Mitte der 1910er Jahre, die durch weitgehende Fließbandfertigung und Standardisierung der Fahrzeugteile ermöglicht wurde. Diese Form der Produktionsorganisation verbreitete sich von den USA aus weltweit und prägte die Automobilindustrie jahrzehntelang. Eine weitere, etwa zeitgleich stattfindende Entwicklung war die flächendeckende Verbreitung des Verbrennungsmotors, aus der das technologische Paradigma entstanden ist, das die Branche bis heute bestimmt. Entscheidend für dessen Durchsetzung war die relative Vorteilhaftigkeit des Antriebssystems mit Verbrennungsmotor aufgrund seiner Leistung, Gewicht und Betankungsmöglichkeiten sowie die Erfindung des elektrischen Anlassers¹¹. In den folgenden Jahren setzte sich der Verbrennungsmotor zunehmend gegen andere Antriebsvarianten mit Elektromotor und Batterie durch und war seither beinahe alternativlos. Ein weiterer, revolutionärer Umbruch ereignete sich in den 1980er und 1990er Jahren als die

¹¹ Der Anlasser wurde von Charles Kettering erfunden und kam 1912 zum ersten Mal im Cadillac zum Einsatz (vgl. Yay 2010, S. 18 ff.).

Massenproduktion zunehmend von der „*Schlanken Produktion*“ abgelöst wurde. Die klassische Massenproduktion mit ihrer Unflexibilität und großen Lagerbeständen hatte sich als weniger effizient herausgestellt als die von Toyota eingeführte „*Lean Production*“ (auch „*Toyota-Produktionssystem*“, TPS genannt), die heute als „best practice“ der Branche gilt und mit diversen regionalen Anpassungen weit verbreitet ist. Nun deutet sich mit der Verbreitung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen eine weitere Produktrevolution an, die - sollten sich diese neuen Antriebstechnologien durchsetzen - weitreichende, organisatorische und strukturelle Folgen haben wird. Wie radikal die Veränderungen in den Produktstrategien der OEM ausfallen werden, und ob diese in eine global weitgehend einheitliche Veränderung oder eher in regionale Diversifizierung münden, hängt von verschiedenen Umständen und Rahmenbedingungen ab. Wichtige Faktoren sind einerseits die Entwicklung von Ressourcenverfügbarkeit, energie- und geopolitische Entscheidungen sowie makroökonomische Entwicklungen, andererseits die strategische Entscheidungen verschiedener Unternehmen und die Entwicklung der Wettbewerbssituation. Verschiedene, technologische und soziale Innovationen, z. B. im Bereich der Batterietechnologie oder im Mobilitätsverhalten, könnten Elektromobilität zum Durchbruch verhelfen, ebenso wie die Bildung von Koalitionen aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft (vgl. u. a. Freyssenet 2010, 2009; Weber/ Wegge 2001; Womack/ Jones/ Ross 1990). Im Folgenden werden zunächst die Akteure der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie, deren wesentliche Merkmale und die aktuelle Lage der Branche beschrieben (Kapitel 3.1). In Kapitel 3.1.1. werden zunächst die Akteure der Wirtschaft, die OEM und ihre Zulieferer, die Entwicklung der Hersteller-Zulieferer-Beziehung sowie die wesentlichen Kennzahlen und Entwicklungen der Automobilindustrie und des Automobilmarktes dargestellt. Ein Fokus liegt dabei auf der Organisation von FuE innerhalb der Branche. Anschließend werden die Auswirkungen der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise für die Automobilindustrie thematisiert (Kapitel 3.1.2). In Kapitel 3.1.3 werden weitere, wichtige Akteure der Innovationssysteme aus Wissenschaft und Politik vorgestellt.

Gründe für die realistischer werdenden Chancen eines Wandels hin zu alternativen Antrieben und Kraftstoffen stellen vor allem die Ölabhängigkeit des Automobils und die globalen Bedrohungen durch den anthropogenen Klimawandel dar. Die rasante Motorisierung der Schwellenländer mit enormen Bevölkerungszahlen wie China und Indien lassen den Verbrauch fossiler Energieträger und den Anteil der Emissionen durch den Automobilverkehr in den kommenden Jahrzehnten drastisch ansteigen. Die Ölpreise schwanken in den vergangenen Jahren deutlich. Phasen steigender Ölpreise tragen dabei zur Wettbewerbsfähigkeit alternativer Energien und ressourcenschonender Mobilität bei. Klimawandel und Ressourcenverknappung sowie Potentiale zur Emissionsvermeidung und Reduktion der Ölabhängigkeit werden in den Kapitel 3.2.1 und 3.2.2 diskutiert. In den letzten Jahren hat es in diesem Zusammenhang auch ein politisches Umdenken, neue Formen der Regulierungen

von Emissionen durch Personenkraftwagen (Pkw) und Förderung von Elektromobilität auf nationaler, europäischer und regionaler Ebene gegeben. Diese werden in Kapitel 3.2.3 thematisiert.

Elektromobilität ist eine Variante der Diversifizierung des Antriebssystems des Automobils, der bisher ganz überwiegend auf Benzin- und Dieselmotoren fokussiert war. In den letzten fünf bis zehn Jahren lässt sich allerdings ein Trend hin zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs beobachten, der in den Jahren 2011-2012 in einen regelrechten Hype der Elektromobilität mündete. Dabei bedeutet Elektromobilität deutlich mehr als die Substitution eines konventionellen durch einen elektrischen Antriebsstrang. Die Neukonzeption von Elektroautos bietet eine Fülle von Variationsmöglichkeiten von der Fahrzeugarchitektur bis hin zum Mobilitätsverhalten. Eine Übersicht über verschiedene Stufen der Elektrifizierung und eine Einordnung batterieelektrischer Fahrzeuge findet sich in Kapitel 3.3.1. Anschließend wird in Kapitel 3.3.2 der Hype der Elektromobilität und die Reaktionen der deutschen OEM genauer diskutiert. Abschließend gibt Kapitel 3.3.3. den aktuellen Stand der Elektromobilität wieder. Der deutsche Markt für Elektroautos ist derzeit noch weit vom politisch formulierten Ziel von einer Millionen Fahrzeugen im Jahr 2020 entfernt. Die deutschen OEM starteten vergleichsweise spät und zögerlich mit dem Markteintritt. Viele Zulieferer und Technologielieferanten haben dagegen einen Entwicklungsvorschub geleistet und entsprechende Technologien zur Marktreife gebracht. Wissenschaftliche Projekte und politische Maßnahmen wurden gestartet, um die Einführung und Verbreitung von Elektromobilität zu unterstützen. Dennoch steht die Elektromobilität weiterhin relativ am Anfang. Ob eine weitere Diffusion zukünftig in dem Maße stattfindet, wie es derzeit politisch gewünscht ist, ist fraglich.

3.1 Akteure, Charakteristik und Entwicklung der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie

Im folgenden Kapitel wird einen Überblick über die Akteure der deutschen Automobilindustrie, ihre Merkmale sowie die Entwicklungen des Automobilmarktes und der Branche im Allgemeinen gegeben (Kapitel 3.1.1). Die deutsche Automobilindustrie befindet sich schon seit Beginn der 1990er Jahre in einer Phase des beschleunigten Wandels. Die Ursachen sind vielfältig und reichen von Veränderungen auf den weltweiten Absatzmärkten über Prozesse der Globalisierung bis hin zur Reorganisation der Produktionsprozesse. Die weltweite Wirtschafts- und Finanzkrise hat wesentlich zur Beschleunigung des Wandels beigetragen. Ihre Auswirkungen auf die Branche werden in Kapitel 3.1.2 dargestellt. Neben Akteure der Wirtschaft sind auch wissenschaftliche und politische Akteure an den Prozessen der Innovationssysteme und deren Entwicklung beteiligt. Die Beziehungen der

wissenschaftlichen und politischen Akteure zur deutschen Automobilindustrie sind Thema in Kapitel 3.1.3.

3.1.1 Akteure und Entwicklung der Wirtschaft: Automobilhersteller, Zulieferer und der Automobilmarkt

Die Automobilindustrie ist eine global aufgestellte Branche und die meisten Unternehmen sind international orientiert. Die Globalität der Branche macht es nahezu unmöglich nationale und globale Entwicklungen unabhängig voneinander zu betrachten. Bei der Beschreibung der deutschen Automobilindustrie und ihrer Innovationssysteme müssen globale Entwicklungen und die internationale Orientierung der Unternehmen berücksichtigt werden. Im Folgenden wird zunächst überwiegend die Entwicklung der Automobilindustrie und des Automobilmarktes in den Jahren vor der Finanz- und Wirtschaftskrise beschrieben, eine genauere Betrachtung der Krisenjahre seit 2009 folgt in Kapitel 3.1.2.

Generell ist der weltweite Automobilmarkt von einer zunehmenden, internationalen Qualitäts- und Preiskonkurrenz geprägt. Die Wachstumsmärkte verlagern sich von den traditionellen Märkten der Triade USA, Europa und Japan hin zu den neuen Märkten aufstrebender Wirtschaftsregionen in den so genannten BRIC-Ländern Brasilien, Russland, Indien und China. Die Verschiebung der Märkte führt zu einer zunehmenden Differenz zwischen Absatzpotentialen und Produktionskapazitäten. Während der Aufbau neuer Produktionen in neuen Märkten vorangetrieben wird, wachsen in den traditionellen, stagnierenden Märkten die Überkapazität. Die Reaktionen der Unternehmen reichen von Rationalisierung und Internationalisierung ihrer Produktionsstrukturen bis hin zu zunehmenden Kapitalverflechtungen durch Fusionen oder weltweiter Kooperation bei FuE, Produktion, Beschaffung und Vertrieb (vgl. Freyssenet 2009, S. 17 ff.; Blöcker 2001, S. 4f.).

Durch Globalisierung und Verschiebungen der Märkte verändern sich auch die Innovationssysteme der Branche. Neue Standorte und Kooperationspartner führen zu weiteren Ausdifferenzierungen und neue Märkte und Kundengruppen erfordern auf regionale Bedürfnisse angepasste Produkte. Die Innovationssysteme der Automobilindustrie orientieren sich immer seltener an nationalen Grenzen und werden zunehmend international.

Die Automobilindustrie nimmt aus makroökonomischer Perspektive einen wichtigen Platz im deutschen Wirtschaftsgeschehen ein. Wimmer, Schneider und Blum (2010) schreiben über die Automobilindustrie: „Keine andere Industrie ist als Schlüsselindustrie von ähnlicher Bedeutung für die beteiligten Volkswirtschaften, kaum ein Produkt kann die Emotionen seiner Kunden ähnlich

befeuern wie das Automobil“ (ebda., S. VI). Die Automobilindustrie trägt zu einem großen Teil des deutschen Bruttoinlandsprodukts (BIP) bei. Mit einem jährlichen Umsatz über 300 Milliarden (Mrd.) Euro seit 2006, mit Ausnahme des Krisenjahres 2009, ist sie einer der größten Industriezweige, deren Bedeutung durch steigende Umsätze in den vergangenen Jahrzehnten stetig zugenommen hat. Die Branche ist außerdem einer der wichtigsten Arbeitgeber in Deutschland. Im Jahr 2011 waren ca. 712.500 Menschen direkt in der Automobilindustrie beschäftigt. Hinzu kommen tausende Arbeitsplätze, die mehr oder weniger direkt von der Automobilindustrie abhängig sind (vgl. Germany Trade & Invest 2013; Statista 2013; VDA 2013a).

Die zentralen Akteure der Automobilindustrie sind die OEM („Original Equipment Manufacturer“). Die OEM verschiedener Marken sind überwiegend in Großkonzernen organisiert. Bei den deutschen OEM sind das Volkswagen, Daimler und BMW. Opel ist die deutschen Marken des US-amerikanischen Konzerns General Motors (GM). Auch der US-amerikanische Konzern Ford hat seine Europazentrale in Deutschland. Weitere auf dem deutschen Pkw-Markt aktive OEM sind der französische Konzern PSA mit den Marken Citroën und Peugeot sowie der französisch-japanischen Konzern Renault-Nissan. Der japanische OEM Toyota ist der derzeit¹² der größte Automobilhersteller der Welt. Weitere japanische OEM sind u. a. Honda, Mazda, Mitsubishi und Suzuki. Hyundai und Kia sind Teil der südkoreanischen Hyundai Kia Automotive Group. Zum italienischen Fiat-Konzern gehören die Marken Alfa Romeo und Lancia. Die englische Marken Land Rover und Jaguar gehören zur indischen Firma Tata und die schwedische Marke Volvo seit 2010 dem chinesischen Hersteller Geely (vgl. VDA 2013b; Heigl/ Rennhak 2008, S. 7).

Volkswagen ist gemessen an Umsatz, Produktion, Absatz und Mitarbeiterzahl der größte deutsche Automobilkonzern. Volkswagen und Mercedes-Benz Cars weisen einen hohen, kontinuierlich steigenden Auslandsanteil beim Pkw-Absatz auf, der 2012 bei 80 bzw. 87 Prozent lag. Der hohe Auslandsanteil am Pkw-Absatz veranschaulicht die hohe Bedeutung der Exportmärkte für die deutschen OEM. Traditionell sind die wichtigsten Exportmärkte in Westeuropa, zunehmende Bedeutung gewann in den letzten Jahren aber vor allem China (vgl. Daimler 2013a, Volkswagen 2013a).

Die OEM werden von vielfältigen Zuliefer- und Dienstleistungsbetrieben beliefert. Der Wertschöpfungsanteil der Zulieferer ist kontinuierlich gestiegen und macht etwa 70 Prozent der gesamten Wertschöpfung der Automobilindustrie aus. Die Zulieferindustrie setzt sich aus Großunternehmen sowie einer Vielzahl mittelständischer und kleiner Unternehmen zusammen. Insgesamt gibt es in Deutschland ca. 5.500 Unternehmen, die für die Automobilhersteller als direkte Zulieferer fungieren. Tabelle 3.1 gibt eine Übersicht der 22 deutschen unter den hundert umsatzstärksten Automobilzulieferer weltweit im Jahr 2011.

¹² Stand 2014 (vgl. Statista 2015)

Tabelle 3.1: 22 deutsche Zulieferer unter den 100 umsatzstärksten Automobilzulieferern weltweit

Rang	Unternehmen	Umsatz (in Mio. \$)	Produktbereiche (Auswahl)
1	Bosch	39.753	Kraftstoffeinspritz-, Fahrwerk-, Energieversorgungs-, Navigationssysteme
3	Continental	30.521	Bremsen, Stabilitätsmanagement, Reifen, elektronische Sicherheitssysteme
8	ZF Friedrichshafen	17.860	Getriebe, Lenksysteme, Vorder- und Hinterachsen, Kupplungen, Dämpfer, Elektronik
10	ThyssenKrupp	ca. 16.370	Karosseriesysteme, Fahrwerkmodule, Antriebsstrang, Lenksysteme, Aufhängungen
16	BASF	13.168	Lacke, Kunststoffe
27	Schaeffler-Gruppe	7.200*	Wälzlager, Motoren- und Getriebeelemente, Kupplungs- und Antriebstechnik
31	Mahle	6.189	Kolben, Kolbenringe, Lager, Ventiltriebe, Filtersysteme, Turbolader
33	Hella	5.940	Licht- und Elektroniksysteme, Module
38	Brose	5.611	Sitzverstellungen, Schließsysteme, Türmodule, Fensterheber
43	Behr	5.000*	Klimaanlagen, Motorkühlung
54	Getrag	3.900	Hand- und Automatikgetriebe, Doppelkupplungen, Range-Extender, Elektroantriebe
56	Leoni	ca. 3.619	Kabel, Leitungssätze, Bordnetzsysteme
60	Eberspächer	3.334	Abgasanlagen, Standheizungen, Zuheizer
63	KSPG (Kolbenschmidt Pierburg)	3.227	Kolben, Öl- und Wasserpumpen, Motorblöcke, Gleitlager, Schadstoffreduzierung
65	Bayer MaterialScience	2.881	Kunststoffanwendungen
67	Webasto	2.838	Dachsysteme, Schiebedächer, Dachmodule, Standheizungen, Zuheizer
69	Freudenberg	2.765	Dichtungs- und Schwingungstechnik, Motorabdeckungen, Vliesstoffe, Sitzoberstoffe
71	Dräxlmaier	2.600	Bordnetzsysteme, Interieurkomponenten, Zierteile, funktionsintegrierende Systeme
79	Infineon	2.270	Halbleiter und Halbleiterlösungen für Automobilelektronik
82	Mann + Hummel	2.130	Filtration, Zylinderkopfauben aus Kunststoff
84	Leopold Kostal	2.099	Karosserie- und Steuerelektronik, Lenksäulenmodule, Sensoren, Schalter, Verbindungssysteme
91	Kautex Textron	1.820	Kraftstofftanks, Strukturbauteile, Einfüllstutzen, Akustikkomponenten

Quelle: Automobilwoche 15, Juli 2012, S. 14

Während der Auslandumsatz der OEM mit 200 Mrd. Euro mehr als doppelt so hoch ausfällt wie deren Inlandsumsatz mit 80 Mrd. Euro, ist das Verhältnis bei den Zulieferern mit 24,6 Mrd. Euro Auslandumsatz und 43,8 Mrd. Euro Inlandsumsatz umgekehrt¹³. Viele der großen Automobilzulieferer wie Bosch und ThyssenKrupp sind nicht ausschließlich in der Automobilindustrie tätig. Bei Bosch lag der Anteil des Geschäfts für die Automobilindustrie 2011 bei 59 Prozent, bei ThyssenKrupp nur bei 14 Prozent. So sind die Zulieferer in sehr unterschiedlichem Maß von der Automobilindustrie abhängig, je nachdem wie hoch der jeweilige Umsatzanteil in diesem Bereich ist (vgl. VDA 2013a, S. 14 f.; Wirtschaftswoche 2013; Schade et al. 2012, S. 37 f.; Becker 2010, S. 11; 2007, S. 28; Gottschalk 2006, S. 17).

Die OEM sind, wie alle Wirtschaftsorganisationen, darauf angewiesen ihre Existenz durch den Verkauf ihrer Produkte auf Absatzmärkten zu sichern. Die Absatzmärkte sind durch je spezifische Kundenstrukturen und Wettbewerbsbedingungen geprägt, an denen die Unternehmen ihre Produkt- und Absatzstrategien ausrichten. Zum Automobilmarkt gehören neben dem Markt für Neuwagen weitere Märkte, die sich in vorgelagerte Märkte („*upstream*“) – z. B. Entwicklungsleistungen, Zulieferung von Aggregaten, Komponenten und Teilen – und nachgelagerte Märkte („*downstream*“) – z. B. Finanzdienstleistungen, Service, Zubehör, Gebrauchtwagen, Kraftstoffe und Entsorgung – unterteilen lassen. Zusammen bilden diese Märkte die automobiler Wertschöpfungskette. Besonders

¹³ Angaben für 2012

der Neuwagenmarkt ist stark von kommerziellen Käufern geprägt. Der Anteil der reinen, privaten Neuwagenkäufe ist deutlich rückläufig (vgl. Schade et al. 2012, S. 39 f.; Heigl/ Rennhak 2008, S. 14 ff.; Diez 2001, S. 25 ff.; Weber/ Wegge 2001, S. 6).

Der deutsche Automobilmarkt kann als reifer bzw. gesättigter Markt bezeichnet werden, da das rein stückzahlmäßige Wachstumspotential seit Jahren stagniert. Indikatoren für den Reifegrad eines Marktes sind die Höhe des Fahrzeugbestands, die Entwicklung der Motorisierungsdichte, der Anteil des Ersatzbedarfs und die Ausstattung der privaten Haushalte mit einem Pkw. Alle diese Indikatoren haben in Deutschland ein hohes Niveau erreicht: Seit dem Beginn des 21. Jahrhunderts nimmt der Pkw-Bestand nur noch langsam zu und beträgt 2015 ca. 44 Millionen (Mio.) Fahrzeuge. Die Zahl der Neuzulassungen liegt seit dem Jahr 1990 bei durchschnittlich 3,25 Mio. Pkw pro Jahr. Die Fahrzeugdichte liegt aktuell¹⁴ bei 550 Kraftfahrzeugen (Kfz) pro 1.000 Einwohner. Deutschland hat damit einen der höchsten Motorisierungsgrade weltweit (vgl. KBA 2015c, d, e; Destatis 2006, S. 24; Diez 2001, S. 25 ff.).

Weiteres Wachstum kann auf gesättigten Märkten nur durch eine stärkere Marktdurchdringung mit zusätzlichen Modellen und Varianten, Wertanreicherung durch technische Innovationen und Ausstattungsverbesserung oder eine Ausdehnung des Wertschöpfungsumfangs auf vor- und nachgelagerte Märkte realisiert werden. Dementsprechend versuchen die OEM durch zunehmenden Differenzierung und Erschließung neuer Fahrzeugsegmente ein möglichst allumfassendes Angebot zu bieten. Die klassische, vertikale Gliederung in Ober-, Mittel- und Untersegment verliert dadurch an Bedeutung, während die horizontale Differenzierung zunimmt. Vans, Geländewagen bzw. Sports Utility Vehicle (SUV), Sportwagen und Cabrios erweitern die Produktpalette in fast allen Segmenten. Während die Nachfrage nach Premium- und niedrigpreisigen Fahrzeugen in den letzten Jahren weitgehend konstant geblieben ist, sank die Nachfrage nach Mittelklassefahrzeugen, dem Segment mit traditionell hohem Volumen und Gewinnmargen in Deutschland, von 27 Prozent in 2002 auf ca. 14 Prozent in 2010. Der Anteil der SUV ist im gleichen Zeitraum von ca. drei Prozent auf ca. zehn Prozent gestiegen. Außerdem gestiegen sind die Anteile der Kleinwagen (von ca. 17% auf ca. 20%), der Vans (von ca. 7% auf ca. 10%) und der Utilities (von ca. 2% auf ca. 4%) (vgl. Schade et al. 2012, S. 40 f.; KBA 2010, 2002; Heigl/ Rennhak 2008, S. 14 ff.; Diez 2001, S. 25 ff.).

Die Strategie der Diversifizierung birgt allerdings auch Problem für die OEM. Durch die zunehmende Produktvielfalt steigen die Entwicklungs- und Produktionskosten, während die Serienumfänge sinken und somit die Möglichkeiten durch hohe Produktionsvolumen möglichst große Skaleneffekt zu erzielen. Die Produktlebenszyklen einzelner Modelle haben sich verkürzt und damit auch die Entwicklungs- und Produktionszyklen, die in der Automobilindustrie im Vergleich zu anderen Branchen vormals eher lang waren (vgl. Freyssenet 2009, S. 16 f.; Heigl/ Rennhak 2008, S. 17 ff.;

¹⁴ Stand 1. Januar 2015

Weber/ Wegge 2001, S. 10). Mit den Entwicklungszyklen verändert sich auch das Innovationsverhalten der Unternehmen. Die klassische Einteilung der Fahrzeuge in Ober-, Mittel- und Unterklassesegmente machte eine Diffusion von Innovationen von den oberen in die unteren Fahrzeugsegmente möglich. Die zunehmende, horizontale Differenzierung macht die Einführung von Innovationen komplexer. Die Unternehmen müssen mit organisatorischen Veränderungen auf die zunehmende Komplexität reagieren.

Um dem steigenden Kostendruck bei gleichzeitiger, steigender Komplexität der Produkte zu begegnen, werden Modularisierungs-, Outsourcing-, Standardisierungs- bzw. Plattformstrategien angewendet. Der steigenden Bedeutung neuer und innovativer Fahrzeugkonzepte begegnen die OEM mit Veränderungen der Fahrzeugarchitektur. Bei der Modularisierung werden einzelne Funktionsgruppen zu Modulen zusammengefasst. Dadurch kann die Komplexität der Endmontage deutlich reduziert werden. Statt der zeitaufwändigen Montage vieler Einzelteile, muss auf der Hauptlinie nur noch das Modul integriert werden. Die Herstellung von Modulen kann komplett an einen Zulieferer ausgelagert werden, der die Montage der Einzelteile, die Koordination weiterer Zulieferer, oft auch die Logistik zur und Montage auf der Hauptlinie übernimmt. Während das Marktvolumen von Modulen in der automobilen Wertschöpfungskette ansteigt, nimmt die Fertigungstiefe bei den OEM ab. Der Wertschöpfungsanteil der OEM sinkt nach Einschätzung der Studie FAST von 35 Prozent im Jahr 2002 auf 23 Prozent im Jahr 2015. Durch einen höheren Anteil standardisierter Teile können Kosten gesenkt und gleichzeitig eine höhere Produktvielfalt ermöglicht werden. Durch Standardisierung von Komponenten und Modulen entstehen so genannte Plattformen oder Baukästen, die in verschiedenen Modellreihen und bei mehreren Marken eingesetzt werden. Neben Vorteilen in der Produktion entstehen durch Standardisierung und Modularisierung auch neue Möglichkeiten für FuE, Beschaffung und After Sales. In der FuE können einerseits Technologieschübe durch die Weiterentwicklung von Modulen realisiert werden und andererseits der Entwicklungsaufwand durch die Verwendung weiterentwickelter Module in verschiedenen Baureihen und Modellen verringert werden (vgl. FAST 2015; Schade et al. 2012, S. 140 ff.; Becker 2010, S. 12 f.; Schneider et al. 2010; Freyssenet 2009; Heigl/ Rennhak 2008).

Es hat sich gezeigt, dass aufgrund höherer Modellvielfalt und schnelleren Modellwechsel die Markenloyalität der Kunden insgesamt zurückgeht. Zurückgehende Markenloyalität und steigende Anforderungen der Kunden haben in den vergangenen Jahrzehnten aus einem produktorientierten einen kundenorientierten Markt gemacht. Mit der Orientierung am wahrgenommenen Kundennutzen entsteht ein neues Innovationsparadigma, das eher sektor-typisch für die Automobilindustrie als national-typisch für die deutsche Wirtschaft ist. Damit verliert das alte Innovationsparadigma, das zu Overengineering und Technikfixierung geführt hat, an Bedeutung, auch wenn beides in der

heutigen Automobilindustrie weiterhin spürbar ist. Das neue Innovationsparadigma begünstigt eher inkrementelle Innovationen (vgl. Heigl/ Rennhak 2008, S. 19; Jürgens/Meißner 2005, S. 216 f.).

Die Orientierung an den Kundenanforderungen zeigt sich besonders deutlich in den Bereichen Entertainment, Design, Sicherheit, Komfort, Ausstattung und Umweltverträglichkeit. Für die OEM ergeben sich Möglichkeiten durch technische Innovationen und Ausstattungsverbesserung einen Wettbewerbsvorteil zu erzielen. Der Elektronikanteil im Automobil steigt stetig an und elektronische ersetzen zunehmend mechanische Komponenten. Elektromotoren übernehmen zunehmend den Antrieb von Komponenten und ersetzen hydraulische Teile. Software und Elektronik werden zur weiteren Produktdifferenzierung eingesetzt, z. B. zur Variation der Motorleistung. IKT werden zunehmend in die Fahrzeuge integriert und ermöglichen so die Nutzung von Navigations- und Kommunikationssystemen, digitaler und Online-Dienste im Fahrzeug. Der „intelligente Innenraum“ erfordert umfangreiches Know-how durch Spezialisten, das überwiegend von ursprünglich branchenfremden Unternehmen aus den Bereichen Elektronik, Elektrik und IKT eingebracht wird. So verändert sich zunehmend die Wertschöpfungskette des Automobils und die Innovationssysteme der Branche, die sich zunehmend für andere Branchen öffnen (vgl. Heigl/ Rennhak 2008, S. 19 ff.). Vorangetrieben werden technische Innovationen auch durch die Gesetzgebung in den Bereichen Umwelt- und Klimaschutz und Sicherheit sowie durch schwankende Kraftstoffpreise und Verteuerung von Rohstoffen (siehe auch Kapitel 3.2, S. 113 ff.).

Ein Strategie der OEM ist die zunehmende Ausdehnung des Wertschöpfungsumfangs auf profitable Bereiche an beiden Enden der Wertschöpfungskette bei gleichzeitiger Externalisierung weniger lukrativer Aktivitäten und solcher Aktivitäten, die nicht zur differenzierten Wahrnehmung der Produkte durch die Kunden beitragen. Dabei werden weniger profitable Bereiche wie bspw. die Produktion an Zulieferer ausgelagert. Die OEM konzentrieren sich dagegen auf profitable Bereiche, z. B. im upstream-Bereich auf Design und im downstream-Bereich auf Kredit-, Leasing- und Verleihgeschäfte, Versicherungen, Wartung und Reparatur sowie Zubehör (vgl. Freyssenet 2009, S. 24 f.; Weber/ Wegge 2001, S. 11). Vor allem die Ausdehnung des Wertschöpfungsumfangs auf nachgelagerte Bereiche verändert die Innovationsaktivitäten der OEM. Es findet eine Bedeutungsverschiebung von technischen Innovationen bei Produkten und Prozessen hin zu eher ökonomischen Innovationen, die sich auf Dienstleistungen und Serviceangebote beziehen, statt.

Aufgrund der gesättigten Nachfrage und geringem Wachstum ist der deutsche Automobilmarkt, wie alle etablierten Märkte der Triade, oftmals von Überkapazitäten in der Produktion geprägt. Unter Überkapazitäten versteht man die Ausstattung mit Produktionsmittel, für die nicht ausreichend Beschäftigungsmöglichkeiten bestehen. Die dadurch entstehenden Fixkosten sind langfristig wirtschaftlich nicht tragbar. Die Kombination aus stagnierender Nachfrage und steigender Produktivität sorgt dafür, dass die Produktionsstätten in den traditionellen Märkten nicht ausgelastet

werden können. Hinzu kommt die Verlagerung von Produktionsvolumen in Länder mit niedrigeren Lohnkosten und wachsenden Märkten. Lokale Produktion ist oft lukrativer als Exporte, die mit zusätzlichen Kosten für Logistik und Einfuhrzölle verbunden sind (vgl. Schade et al. 2012, S. 73 f.; Heigl/ Rennhak 2008, S. 15 ff.).

Wachstumsmärkte sind aufgrund der relativ geringen Fahrzeugdichte, der wachsenden Wirtschaft und der hohen Bevölkerungszahlen die Märkte der Schwellenländer, vor allem der BRIC-Länder. Ausländische Märkte haben für die deutschen OEM traditionell eine hohe Bedeutung. Die Hauptabsatzmärkte außerhalb Deutschlands lagen allerdings bisher überwiegend in den USA, Westeuropa und Japan. Dies hat sich im letzten Jahrzehnt deutlich zugunsten der aufstrebenden Schwellenländer verändert. Besondere Wachstumschancen werden in China erwartet. Obwohl sich das Wirtschaftswachstum und damit auch der Pkw-Absatz in China in den letzten Jahren abgeschwächt haben, bleibt es dennoch im Vergleich zu den entwickelten Industrieländern auf einem hohen Niveau. Auch der indische, der brasilianische und argentinische Pkw-Markt erreichten hohe Neuzulassungsvolumen (vgl. VDA 2013a, S. 19 f., 2010, S. 27 f.; Becker 2010, S. 15).

Fast alle OEM begannen bereits in den 1970er Jahren mit Planungen für neue Produktionsstätten in Schwellenländern. Die neuen Automobilmärkte waren allerdings zunächst wenig stabil und immer wieder von ökonomischen und politischen Krisen betroffen. Ein Grund für den hinter den Erwartungen zurückbleibenden Absatz war die Unangepasstheit der Modelle auf die lokalen Bedürfnisse. Viele OEM verbanden mit der Globalisierung der Märkte die Hoffnung einer weltweiten Homogenisierung der Nachfrage. Diese Hoffnungen wurden enttäuscht: Statt einer globalen Homogenisierung setzte sich der Trend der Heterogenität der Nachfrage global fort. Die OEM mussten lernen, dass die neuen Märkte ein zumindest teilweise anderes Angebot erfordern als die etablierten Märkte. Eine wichtige Rolle spielen dabei Fahrzeuge mit Basisfunktionen zu geringen Preisen sowie kulturell angepasste Produkte. Der Aufbau lokaler Kooperationen nicht nur für die Produktion sondern auch für die Bereiche FuE sowie Marketing und Vertrieb ist deshalb oft entscheidend für den Markterfolg. Die großen Variationen der Märkte und Segmente machen den Anspruch der OEM auf allen Märkten präsent zu sein und Fahrzeuge in allen Segmenten anzubieten schwierig (vgl. Freyssenet 2009, S. 17 ff.; Heigl/ Rennhak 2008, S. 15 ff.).

Tabelle 3.2: Produktionsstätten der deutsche OEM in Asien, Südamerika und Russland

	Produktionsstätten in Asien, Südamerika und Russland
Volkswagen	<ul style="list-style-type: none"> • Asien: 14 Werke in China, 4 Werke in Indien, 1 Werk in Thailand (Ducati) • Südamerika: 5 Werke in Brasilien, 3 Werke in Argentinien • Russland: 2 Werke
BMW	<ul style="list-style-type: none"> • Asien: 2 Werke in China, je 1 Werk in Indien, Thailand, Indonesien und Malaysia
Daimler	<ul style="list-style-type: none"> • Asien: 3 Werke in China, 1 Werk in Indien, 4 Werke in Japan, 1 Werk in Brasilien

Quellen: Volkswagen 2013b; BMW, 2013b; Daimler 2013b

Der VW-Konzern betreibt heute in 19 Ländern Europas und in acht Ländern Amerikas, Asiens und Afrikas insgesamt 104 Fertigungsstätten. 2013 sind ein Werk in Mexiko (Silao), drei Werke in China (Changchun, Urumqi und Foshan) und ein Werke in Russland (St. Petersburg) hinzugekommen. In China unterhält VW mehrere Joint Venture mit der Shanghai Automotive Industry Corporation und der FAW First Automotive Works Corporation. VW produziert teilweise für diese Länder angepasste Modelle, wie den VW Santana, einen kleinen Passat für den südamerikanischen und chinesischen Markt oder den VW Lavida, einen unteren Mittelklassewagen auf Golf IV-Plattform (PQ34), der von Shanghai Volkswagen für den chinesischen Markt produziert wird (vgl. Volkswagen 2013b). Die BMW Group betreibt mit neun Werken deutlich weniger Werke in Ausland als Volkswagen, was der geringeren Unternehmensgröße und der geringeren Anzahl an Marken geschuldet ist. Davon sind zwei in China und werden seit 2003 bzw. 2012 als Joint Venture mit Brilliance China Automotive betrieben (vgl. BMW 2013b). Die Daimler AG betreibt in Asien insgesamt acht Werke, davon drei in China als Joint Venture mit der China Motor Corporation in Fujian, mit dem chinesischen OEM BAIC (Beijing Automotive Industry Holding Corporation Limited) und mit der Beiqi Foton Motor Corporation in Beijing. Von den vier japanischen Werken werden drei von der Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation betrieben, von der DaimlerChrysler 2003 43 Prozent übernahm und seit 2011 knapp 90 Prozent hält (vgl. Daimler 2013b, 2011).

Trotz der vielen Auslandsaktivitäten der deutschen OEM ist ihre FuE weiterhin im Wesentlichen auf Deutschland zentriert. Dennoch haben alle deutschen OEM auch FuE-Zentren im Ausland aufgebaut. Die Konzernforschung des VW-Konzerns befindet sich in Wolfsburg. Darüber hinaus unterhält der VW-Konzern Forschungssatelliten in den USA (ERL Electronics Research Lab in Palo Alto), in Japan (VTT Technical Representative Tokyo) und in China (VCR Volkswagen Research Lab China) sowie FuE der verschiedenen Marken (vgl. Volkswagen 2013c). BMW unterhält drei FuE-Zentren in München und eines in Landshut, drei in den USA (Newburg Park, Oxnard, Palo Alto) und je eines in Österreich (Steyr), Japan (Tokyo) und China (Beijing) (vgl. BMW 2013c). Die deutschen FuE-Zentren von Daimler sind in Böblingen (Forschung und Vorentwicklung), Sindelfingen (Gesamtfahrzeug- und Serienentwicklung), Ulm (Technologieentwicklung und car2go) sowie Nabern (Brennstoffzellen, Wasserstoff- und Batterietechnologie). Weitere FuE-Zentren sind in China, Indien, Japan und Nordamerika. Im Mercedes-Benz Research and Development North America in Redford, Michigan werden u. a. Elektromotoren für Daimler und EM-Motive¹⁵ erforscht und entwickelt (vgl. Daimler 2013b).

Die internationale Orientierung der OEM wirkt sich auch auf die Zulieferindustrie aus. Oftmals folgen die Zulieferer den OEM in neue Märkte und produzieren vor Ort, um die Bindung an den OEM

¹⁵ EM-Motive ist ein Gemeinschaftsunternehmen von Daimler und Bosch mit Sitz in Hildesheim, das im November 2011 mit dem Ziel gegründet wurde die Entwicklung von Elektromotoren durch die Bündelung von Kompetenzen zu beschleunigen (vgl. EM-Motive 2014).

aufrechtzuerhalten. Dies betrifft zunächst vor allem die großen Systemlieferanten, die dann wiederum teilweise ihre Lieferanten dazu veranlassen ihnen auf den neuen Markt zu folgen. Dennoch bleibt für die deutschen Zulieferer, vor allem für die kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) der deutsche und europäische Absatzmarkt am wichtigsten. Neben Produktionskapazitäten bauen wiederum überwiegend die großen Zulieferer auch zunehmend FuE-Kapazitäten außerhalb Deutschlands auf. Neben Westeuropa sind in diesem Zusammenhang vor allem China und Nordamerika bedeutend (vgl. Schade et al. 2012, S. 79 ff.).

Der Aufbau internationaler Forschungszentren weist deutlich auf eine zunehmende Internationalisierung der Innovationssysteme hin. Obwohl die deutschen Zentren weiterhin die FuE der OEM und Zulieferer dominieren, werden regionalspezifische Entwicklungen und teilweise auch die FuE für bestimmte Bereiche und Technologie in internationale Zentren ausgelagert. Diese Ausdifferenzierung der FuE-Aktivitäten ist eine Reaktion auf die zunehmende Komplexität, die mit der Globalisierung der Märkte einhergeht.

Die zunehmende Globalisierung der Branche verstärkt die Wettbewerbsintensität und damit den Kostendruck. Denn nicht nur deutsche OEM sind auf ausländischen Märkten präsent. Neue, vor allem asiatische OEM drängen zunehmend auch auf die etablierten Automobilmärkte. Einer der erfolgreichsten, ausländischen OEM auf dem deutschen Markt ist der südkoreanischen OEM Hyundai-Kia mit einem Anteil von insgesamt fünf Prozent an den Neuzulassungen im Jahr 2014 (99.820 Pkw der Marke Hyundai und 53.546 Pkw der Marke Kia). Auch die chinesische Hersteller Geely und Chery sowie der indische Hersteller Tata drängen zunehmend auf den Weltautomobilmarkt, u. a. durch die Übernahme westlicher Marken (vgl. KBA 2015f; Wimmer/ Schneider/ Blum 2010, S. 7; Freyssenet 2009, S. 19 ff.; Heigl/ Rennhak 2008, S. 15 ff.).

Aus steigender Wettbewerbsintensität und zunehmendem Kostendruck resultieren Konsolidierungsprozesse. Diese sind kein neues Phänomen in der Automobilindustrie. OEM und Zulieferer unterliegen immer wieder konjunkturellen und strukturellen Konsolidierungsphasen. Von mehr als 60 eigenständigen OEM in den 1960er Jahren hat sich die Anzahl bis 2009 auf ca. 13 große Konzerne reduziert, darunter die drei deutschen Konzerne Volkswagen, Daimler und BMW. Von den Großallianzen der späten 1990er Jahre hatte allerdings nur Renault-Nissan Bestand. Erfolgreicher waren die Übernahmen kleinerer OEM wie bei Hyundai-Kia, General Motors-Daewoo, Renault-Dacia-Samsung und Toyota-Daihatsu-Fuji Heavy. Da die Kundenbindung an eine Automarke in den etablierten Märkten allerdings weiterhin hoch ist, verschwanden durch die Konsolidierungsprozesse kaum Marken vom Markt sondern wurden in Konzerngesellschaften weitergeführt (vgl. Becker 2010, S. 15 ff.; Freyssenet 2009, S. 21 f.; Motor Presse Stuttgart 2007, S. 263).

Durch Fusionen und Übernahmen entstehen immer wieder deutliche Veränderungen innerhalb der Innovationssysteme. Einerseits müssen innerhalb der neuen Konzernstrukturen organisatorische

Veränderungen stattfinden, um die Zusammenarbeit vormals unabhängiger FuE-Einheiten zu ermöglichen, andererseits werden bestehende, interorganisationale Kooperationen durch die neuen Konstellationen tangiert, müssen aufgelöst oder zumindest an die neue Situation angepasst werden. Dadurch entstehen Chancen neuer Kooperationen in Innovationssystemen, aber auch Risiken neuer Konflikte und Behinderung von Innovationsprozessen.

Die Veränderungen im ökonomischen und gesellschaftlichen Umfeld der Automobilindustrie haben auch weit reichende, organisatorische und strukturelle Veränderungen in den Produktionsprozessen und der Zulieferkette ausgelöst (vgl. Blöcker 2001, S. 7 f.; Heigl/ Rennhak 2008, S. 22 ff.). Eine der massivsten Veränderungen in der Produktion brachte die Einführung der Lean Production mit sich. Ursache für die Reorganisation der Produktion war die Erkenntnis einer relativen Wettbewerbschwäche der westlichen OEM im Vergleich zu dem japanischen OEM Toyota. Das Massachusetts Institute of Technology (MIT) bewertete das TPS als effizienter und effektiver als die Massenproduktion sowohl im Hinblick auf die Produktionstechnik als auch auf die Arbeitsorganisation. Das TPS beruht auf einer weitgehenden Vermeidung von Verschwendung im Produktionsprozess, ermöglicht mehr Flexibilität in der Produktion und bietet so mehr Möglichkeiten, schnell auf Veränderungen des Marktes zu reagieren (vgl. Liker 2005; Weber/ Wegge 2001; Womack/ Jones/ Ross 1990; Ohno 1988).

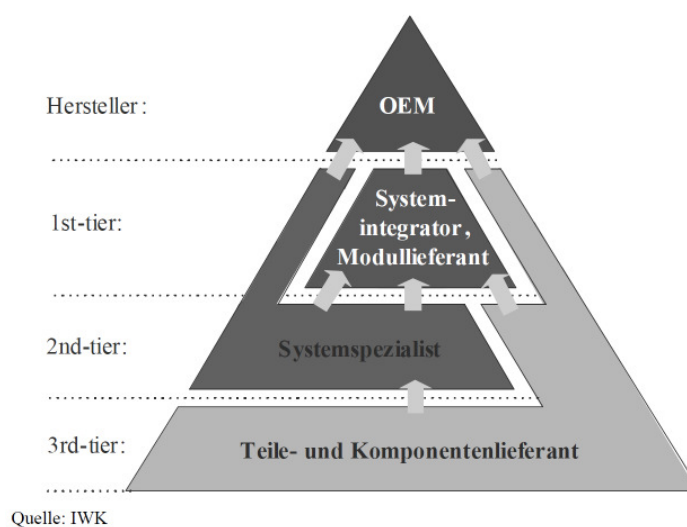
Der Erfolg des TPS führte zu einer weltweiten Homogenisierung der Organisation von Produktionsprozessen in der Automobilindustrie. Seit den 1980 und 1990er Jahren wurde das TPS in den USA und Europa übernommen. Viele OEM integrierten verschiedene Elemente der Lean Production in ihre Organisationsstrukturen und -prozesse. Allerdings waren die Restrukturierungsmaßnahmen oft weniger erfolgreich als zunächst erhofft. Gründe dafür sind die Verallgemeinerung im Hinblick auf die komplexen Wirkzusammenhänge in dem überlegten Produktionsprinzipien des TPS und die Übertragung von Produktionsstrategien ohne Anpassung an die jeweiligen nationalen und organisationalen Bedingungen, wie die Eigenschaften und Regulation der Arbeitsmärkte und der Qualifikationssysteme (vgl. Freyssnet 2009, S. 10 f.; Weber/ Wegge 2001).

Die Beziehung der OEM zu den Zulieferunternehmen hat sich durch Lean Production, Standardisierung, Modularisierung und Outsourcing verändert. Im TPS übernehmen Zulieferer eine wichtigere Rolle hinsichtlich der Produktentwicklung, Qualitätskontrolle und Produktion als in der Massenproduktion. Wenige, zentrale Zulieferer stehen in engem Kontakt mit dem OEM und übernehmen die Organisation der vorgelagerten Wertschöpfungskette. Durch Outsourcing von Modulen werden Teile der Produktion auf Systemlieferanten übertragen, der alle vorgelagerten Zulieferprozesse koordiniert und oftmals auf die Weiterentwicklung des Moduls mit eigenen Mittel finanziert. Dadurch steigt die gegenseitige Abhängigkeit von OEM und Zulieferern. Die Zulieferer übernehmen einen Teil der Investitionsrisiken. Für die OEM wird die Definition der Schnittstellen

zwischen den verschiedenen Fahrzeugmodulen zu einer zentralen Aufgabe (vgl. Schneider et al. 2010; Weber/ Wegge 2001, S. 7).

Durch Internationalisierung, Globalisierung und veränderten Beschaffungsstrategien der OEM steigt aber auch der Preis- und Kostendruck auf die Zulieferindustrie. Durch zunehmende Ansprüche der Kunden an Ausstattung und Komfort, den steigenden Wertanteil an Elektronik und Fahrzeugausstattung eröffnen sich gleichzeitig neue Wachstumschancen. Diese Bereiche sind keine Kernbereiche der Automobilindustrie und werden vermehrt an Zulieferer ausgelagert. Generell steigt durch schnellere Modellwechsel und Derivate der Bedarf nach Entwicklungsdienstleistungen und Produktionskompetenz. Besonders im Bereich der Produktion finden Verschiebungen hin zu den Zulieferern statt. Dabei besteht allerdings die Gefahr, dass Zulieferer zu groß und erfolgreich werden, und deshalb den OEM als Konkurrenz erscheinen. Außerdem sinkt die Zahl der Aufträge insgesamt, wohingegen das Volumen der einzelnen Aufträge steigt. Von dieser Entwicklung profitieren von allem diejenigen Zulieferer, die sich als Systemintegratoren und Modullieferanten etablieren können (siehe Abb. 3.1). Technologische Innovationen bieten Zulieferern eine Möglichkeit im globalen Wettbewerb zu bestehen. Allerdings ist eine entsprechende Kapitalausstattung notwendig, um dafür notwendige Investitionen und Entwicklungsvorleistungen erbringen zu können. So sind es vor allem die großen Zulieferer, die als System- und Modullieferanten fungieren. Die kleinen und mittelständischen Zulieferer fertigen dagegen oft hochspezialisierte Bauteile, die sie direkt an die OEM aber zunehmend auch an Systemintegratoren liefern (vgl. Schade et al. 2012, S. 37 f.; Becker 2010, S. 11 ff.).

Abbildung 3.1: Wertschöpfungspyramide der Automobilindustrie



Quelle: Becker 2010, S. 11

Eine weitere Gruppe, die von den zunehmenden Auslagerungen von Wertschöpfungsumfängen und vor allem der Auslagerung der Entwicklung von Modulen und Systemen profitiert, sind die

Ingenieurdienstleister. Diese übernehmen einen zunehmenden Anteil externer FuE und sind in der Regel nicht an einen Kunden gebunden, sondern arbeiten für verschiedene OEM, Zulieferer oder andere Ingenieurdienstleister. So wird diese zu wichtigen Akteure der Innovationssysteme und schließen Kompetenzlücken, die in der Produktentwicklung durch die Verlagerung von den OEM auf Zulieferer entstehen (vgl. Jürgens/ Sablowski 2008, S. 115 f.).

Mit der zunehmenden Internationalisierung und Technologisierung der Automobilbranche beschleunigt sich das Innovationsgeschehen, was z. B. an verkürzten Entwicklungs- und Vermarktungszyklen zu beobachten ist. Hinzu kommen organisatorische Veränderungen in FuE. Innovationen komplexer Produkte und Prozesse bedürfen der interdisziplinären und unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit. Sie entsteht nicht mehr in abgegrenzten Innovationseinheiten einzelner Unternehmen sondern in kooperativ ausgerichteten Innovationssystemen, in denen verschiedene Organisationen ihre komplementären Kompetenzen einbringen (vgl. Blöcker 2001, S. 2 f.; Jürgens/ Meißner 2005, S. 13). Dabei werden die Zulieferer zu immer wichtigeren Akteuren der Innovationssysteme. Je mehr FuE für Systeme, Module und Ausstattungsmerkmale von den Zulieferern und Ingenieurdienstleistern geleistet wird, desto enger wird die Beziehung zwischen diesen und den OEM aber auch zwischen Zulieferern, Dienstleistern und wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen in den Innovationssystemen.

Dieser Wandel industrieller Innovationsprozesse verläuft in Deutschland nicht ohne Krisen: Anpassungshemmnisse innerhalb der Unternehmen aber auch im Qualifizierungs- und Forschungssystem erschweren die Anpassung und Integration der Innovationssysteme. Etablierte Koordinations- und Austauschmechanismen, industrielle Innovationsmuster sowie Forschungs- und Innovationsnetzwerke, die sich an der traditionellen Branchenorganisation orientieren und auf die traditionellen Akteure zentriert sind, geraten zunehmend unter Veränderungsdruck. Die zentralen Merkmale der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie, wie eine ausgeprägte Ingenieurskultur und Technikdominanz, die speziellen Strukturen des dualen Ausbildungssystems, der Facharbeitertradition und eine entsprechende Orientierungen der Arbeitsbeziehungen, begünstigen eher inkrementelle Innovationsstrategien. Die zunehmende Dynamisierung des Innovationsgeschehens verlangt aber zunehmend nach radikaleren Innovationen. Außerdem müssen auf Produktinnovationen Innovationen der Produktentstehungsprozesse und der Produktnutzungskonzepte folgen, um langfristig am Markt bestehen zu können (vgl. Blöcker 2001, S. 2 ff.).

Das Innovationsgeschehen innerhalb der Automobilbranche weist eine Gleichzeitigkeit verschiedener Innovationsmuster auf, denen verschieden industrielle Paradigmen zugrunde liegen: Massenproduktion, diversifizierte Qualitätsproduktion, Orientierung am wahrgenommenen Kundennutzen und innovationszentrierte Produktion. Die Neuordnung der vertikalen und horizontalen Arbeitsteilung entlang der automobilen Wertschöpfungskette führt zur Ausdifferenzierung der Systeme. Die

notwendigen Fähigkeiten und Kenntnisse für sämtliche Prozesse der Entwicklung, Produktion und Vermarktung können weder von einzelnen Herstellern noch einzelnen Zulieferern alleine aufgebracht werden (vgl. Jürgens/Meißner 2005, S. 216 f.; Blöcker 2001, S. 4).

3.1.2 Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise

Aus der Finanzkrise, die im Sommer 2007 in den USA begann, wurde im Herbst 2008 nach dem Zusammenbruch der US-Investmentbank Lehman Brothers eine weltweite Finanz- und Wirtschaftskrise. Auch Deutschland war schwer von der Krise betroffen. Im Oktober 2008 stürzt der deutsche Aktienindex DAX um mehr als sieben Prozent ab. Die weltweite Produktion ging 2009 erstmalig seit über sechs Jahren zurück und das deutsche Bruttoinlandsprodukt (BIP) schrumpfte mit fünf Prozent 2009 so stark wie nie zuvor in der Geschichte der Bundesrepublik. Auch die weltweite Automobilindustrie war von der Wirtschafts- und Finanzkrise stark betroffen. Der Fahrzeugabsatz ging dramatisch zurück und es entstanden erhebliche Beschäftigungsprobleme. Viele, deutsche Unternehmen mussten aufgrund von Produktionsrückgängen Kurzarbeit anmelden oder Personal abbauen. Weltweit kam es zu zahlreichen Werkschließungen bis hin zu Insolvenzen von OEM und Zulieferern. Durch milliardenschwere, staatliche Rettungspakete konnte die weltweite Finanz- und Wirtschaftslage stabilisiert werden. Die Automobilindustrie erholte sich erstaunlich schnell von der Krise und konnte 2010 wieder hohe Wachstumsraten vorweisen. Die Krise scheint damit weitgehend überwunden (vgl. Tagesschau.de 2013; Becker 2010, S. 20 f.; VDA 2010, S. 14).

Auf dem Pkw-Weltmarkt ging die Nachfrage im Jahr 2009 um vier Prozent zurück, noch härter wurde der Nutzfahrzeugmarkt getroffen. Die deutschen Pkw-Exporte sanken um 17 Prozent, die Exporte der Nutzfahrzeugbranche um 57 Prozent. Der Umsatz der gesamten Branche gab insgesamt um 20 Prozent nach (vgl. VDA 2010, S. 14, 25 f.). Die OEM reagierten auf den Absatzrückgang mit dem zeitweise Aussetzen oder starken Anpassung der Produktion. Im Februar 2009 stoppen VW, Audi und BMW vorübergehend die Produktion. Durch die Möglichkeiten flexibler Arbeitszeiten und Kurzarbeit konnten in Deutschland die Arbeitsplätze der Stammebelegschaften weitgehend erhalten bleiben. Die Reduktion der Produktion fiel noch stärker aus als der Rückgang der Nachfrage. Damit zeigte sich in der Krise das Problem der weltweiten Überkapazitäten deutlicher als zuvor. Insgesamt könnten weltweit jährlich mehr als 100 Mio. Fahrzeuge (Pkw und Nutzfahrzeuge) gebaut werden. Die Nachfrage, die noch 2007 bei ca. 70 Mio. lag, brach in der Krise auf knapp über 50 Mio. ein. In der Krise wurde die massive Unterauslastung vieler Produktionsanlagen zum existenziellen Problem. Der Nachfragerückgang betraf vor allem den US-amerikanischen Automarkt. Dort sank die Produktion von über 10

Mio. in 2007 auf 5,6 Mio. Fahrzeuge in 2009. In Westeuropa wurde der Automobilabsatz durch massive, staatliche Unterstützungsmaßnahmen, wie der Umweltprämie¹⁶ in Deutschland, gestärkt. Ohne stabilisierende Maßnahmen wäre auch in Europa die Nachfrage dramatischer eingebrochen. Letztendlich entwickelte sich der Pkw-Absatz 2009 dadurch deutlich besser als zum Jahreswechsel 2008/2009 erwartet worden war. Durch die staatlichen Kaufanreize für die Fahrzeugneubeschaffung steigt vor allem der Absatz von Kleinst-, Klein- und Kompaktwagen (vgl. Becker 2010, S. 23 f., 31 f., S. 62; VDA 2010, S. 25 f.; Wimmer/ Schneider/ Blum 2010, S. 1 ff.; Automobilwoche 25/26, Dezember 2009, S. 22).

Die Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise treffen die gesamte Automobilindustrie, OEM und Zulieferer, Dienstleister und Händler. Viele Unternehmen gerieten in Finanznot, mussten Staatshilfen beantragen oder in letzter Konsequenz Insolvenz anmelden. Vor allem Händler und Zulieferer wurden von einer Insolvenzwelle erfasst und selbst Autobanken, der profitabelste Geschäftsbereich der Branche, gerieten in Schwierigkeiten. In den USA nahm die Krise für die drei großen, amerikanischen OEM einen besonders dramatischen Verlauf. Chrysler wurde nach dem Verkauf an Finanzinvestoren und der Beantragung von Gläubigerschutz schließlich vom Fiat-Konzern und dem Pensionsfond der amerikanischen Gewerkschaft UAW (United Auto Workers) übernommen. Der jahrzehntelang, gemessen am Absatzvolumen größte Autobauer der Welt, GM, verkauft im ersten Halbjahr 2009 zwar zahlenmäßig weiterhin die meisten Fahrzeuge, im Vergleich zum ersten Halbjahr 2008 ging der Absatz aber um fast 38 Prozent zurück. Im Juni 2009 musste GM Insolvenz anmelden und massiv von der US-Regierung gestützt werden, die mit 50 Mrd. Dollar größter Anteilseigner des Konzerns wurde. In der Insolvenz wurde beinahe die Hälfte des Mehrmarkenkonzerns abgewickelt, darunter die Marken Hummer, Saturn und Pontiac, oder verkauft wie Saab. Saab sollte zunächst an den schwedischen Sportwagenbauer Koenigsegg, später an den niederländischen Sportwagenhersteller Spyker verkauft werden. Nach Einstellung der Produktion und erneuter Insolvenz, wurde Saab im Juni 2012 an „National Electric Energy Sweden“ (NEVS) verkauft, einem Konsortium der chinesischen National Modern Energy Holding und des japanischen Unternehmens Sun Invest. Ford kam als einziger US-amerikanischer OEM ohne staatliche Finanzhilfen durch die Krise, musste aber

¹⁶ Die Umweltprämie, auch bekannt als „Abwrack-Prämie“, wurde im Rahmen des Paktes für Beschäftigung und Stabilität in Deutschland zur Sicherung der Arbeitsplätze, Stärkung der Wachstumskräfte und Modernisierung des Landes im Januar 2009 beschlossen. Private Autohalter konnten eine Prämie von 2.500 Euro beantragen, wenn ein mindestens neun Jahre altes Fahrzeug verschrottet und gleichzeitig ein umweltfreundlicher Neu- oder Jahreswagen ab Euro-4 gekauft und bis Ende 2009 zugelassen wurde. Die Bundesregierung stellte zunächst insgesamt 1,5 Mrd. Euro zur Verfügung, weitete die Förderung später aufgrund der hohen Nachfrage auf fünf Mrd. Euro aus, was einer Förderung von etwa zwei Mio. Pkw entspricht. Kritisiert wurde die Umweltprämie allerdings, weil der volkswirtschaftliche Gesamtnutzen eher gering und für dem Neuwagenmarkt nachgelagerte Unternehmen wie Werkstätten, Ersatzteillieferanten und Gebrauchtwagenhändler sogar negativ war, sowie die dringend erforderlichen Neustrukturierungen in der Branche wie der Abbau von Überkapazitäten weiter aufgeschoben wurde. Auch der ökologische Nutzen der Umweltprämie wird eher als gering bewertet, da die Bewilligung der Prämie nicht an Umweltkriterien der Neufahrzeuge gebunden war (vgl. BMWi 2011, S. 15; 2009, S. 27; Handelsblatt 2009a; IFEU 2009).

die schwedische Marke Volvo an den chinesischen OEM Geely verkauften. Die Entwicklungen in den USA haben gezeigt, dass eine weitere Konsolidierung bei den OEM aufgrund des hohen Konzentrationsniveaus kaum noch möglich ist. Die Großkonzerne sind „too big to fail“ - zu groß um zu scheitern. Das Ausscheiden eines großen Konzerns wie GM hätte so starke, negative Konsequenzen für die Volkswirtschaft der USA gehabt, dass die Regierung ein Scheitern durch Staatshilfen verhindern musste. Die stattfindende Konsolidierung bezieht sich weitgehend auf einzelne Marken der Konzerngruppen oder auf weitere Fusionen zwischen den Herstellern (vgl. Automobilwoche, Juni 2012, 17/18, August 2009, S. 10; 25/26, Dezember 2009, S. 2, 22; Becker 2010, S. 17 ff., 58; Wimmer/ Schneider/ Blum 2010, S. 1 ff.).

In Deutschland geriet vor allem Opel durch die Insolvenz des Mutterkonzerns GM massiv unter Druck. Bereits im November 2008 beantragte Opel aufgrund des massiven Absatzeinbruches und den daraus resultierenden Verlusten eine Bürgschaft von Bundes- und Länderregierungen. Nachdem GM im Februar 2009 ankündigte 26.000 Stellen außerhalb der USA abbauen zu wollen, strebte Opel die Trennung vom Mutterkonzern an und legt der Bundesregierung einen Rettungsplan vor. Die Bundesregierung stellte zwar weitere finanzielle Unterstützung in Aussicht, lehnte aber eine staatliche Beteiligung an Opel ab, so dass nach anderen Investoren gesucht wurde. Angebote für Opel kamen von kanadisch-österreichischen Zulieferer Magna, dem italienischen Hersteller Fiat, dem belgischen Finanzinvestor RHJ und dem chinesischen OEM BAIC. Magna, später unterstützt von der russischen Sberbank, schien der aussichtreichste Investor. Auch die Bundesregierung unterstützte die Übernahmen durch Magna und machte eine Kreditzusage von 4,5 Mrd. Euro. Die Übernahme wurde allerdings von vielen OEM kritisch gesehen. Fiat, Chrysler, BMW und VW kündigten an ihre Auftragsvergabe an Magna zu überprüfen, da Magna durch die Übernahme von einem Zulieferer zu einem direkten Konkurrenten geworden wäre. Letztendlich entschied der GM-Konzern, der nach Abschluss der Insolvenz wieder erstarkt war, im November 2009 Opel zu behalten. Nachdem der Verkauf von Opel gestoppt wurde, erlebte Opel einen deutlichen, internen Konsolidierungsprozess, bei dem mehrere Produktionsstätten geschlossen wurden. Im Geschäftsjahr 2012 konnte Opel die operativen Verluste zwar verringern, diese liegen aber immer noch im dreistelligen Millionenbereich (vgl. Automobilwoche Online Februar 2012, Automobilwoche 25/26, Dezember 2009, S. 23, 23, November 2009, S. 6, 21, September 2009, S. 1; Becker 2010, S. 17 f.).

Auch andere, deutsche OEM spürten die Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise. BMW, Daimler und Volkswagen erlebten im Krisenjahre 2008/2009 einen Umsatzrückgang, konnten aber bereits 2010/2011 an die vorherige Wachstumstendenz anschließen. Die Absatzzahlen entwickelten sich ähnlich und gingen Mercedes-Benz Cars und BMW in den Jahren 2008 und 2009 zurück. Die Mitarbeiterzahl bei BMW ging zwischen 2008 und 2010 zurück und lag 2012 noch unter der Zahl von 2006. Vorübergehend waren bis zu 27.000 Mitarbeiter in Kurzarbeit, um die mangelnde Auslastung

der Werke auszugleichen. Im Sommer 2009 kündigt BMW den Ausstieg aus der Formel 1 an. BMW hat im Vergleich zu seinen direkten Konkurrenten einen Größennachteil. Die Marke Audi kann bspw. von der Größe des Mutterkonzerns VW profitieren. 2009 weißt BMW darüber hinaus eine geringere Eigenkapitalrendite und Investitionsquote auf. Dennoch ist BMW stark innovationsorientiert und investiert auch in der Krise in FuE. BMW konnte als Premiumhersteller nicht so sehr von den staatlichen Subventionen in der Krise profitieren wie die Volumenhersteller (vgl. BMW 2013a; Daimler 2013a; Volkswagen 2013a; Automobilwoche 2010-2009 versch. Ausg.; Becker 2010, S. 63).

Auch bei Daimler ging die Mitarbeiterzahl im Jahr 2009 zurück, ist seitdem aber wieder gestiegen und lag 2012 über der Zahl der Vorkrisenjahre. Im April 2009 trennte sich Daimler endgültig von Chrysler. Im ersten Halbjahr 2009 waren die Verluste bei Daimler aufgrund der relativ späten Drosselung der Produktion besonders groß. Im weiteren Verlauf des Jahres schickte Daimler zehntausende Beschäftigte in Kurzarbeit, verlangte Lohnverzicht und baute Stellen ab. Ende September 2009 waren 27.400 Mitarbeiter in Kurzarbeit und 89.000 mussten Arbeitszeit- und Lohnkürzungen hinnehmen. Unter anderem aus Kostengründen wurde die Produktion der C-Klasse im Dezember 2009 von Sindelfingen nach Bremen und in die USA verlagert. Auch Daimler hat im Vergleich zu seinen direkten Wettbewerbern im Pkw-Bereich einen Größennachteil. Einen strategischen Vorteil bringt Daimler dagegen die enge Partnerschaft mit Renault-Nissan, die im Verlauf der Krisenjahre weiter ausgebaut wurde (vgl. Daimler 2013a; Automobilwoche 2010-2009 versch. Ausg.; Becker 2010, S. 63).

VW war vergleichsweise gering von der Krise betroffen: In Europa profitierte VW mit seinen Volumenmarken VW, Seat und Skoda von der staatlichen Förderung des Pkw-Absatzes. In den USA wirkte sich die geringe Präsenz positiv aus. Aus dem ehemaligen Nachteil wurde in der Krise ein Vorteil. Wichtigster Grund für die stabile Lage des VW-Konzerns in der Krise war die hohe Präsenz auf dem chinesischen Markt, der von allen Märkten am wenigsten von der Krise betroffen war. Dennoch musste auch bei VW und Audi die Produktion 2009 zeitweise ausgesetzt werden und Mitarbeiter in Kurzarbeit gehen. Eine besondere Herausforderung für den VW-Konzern war die versuchte Übernahme durch Porsche. Doch Porsche geriet im Frühjahr 2009 durch die Übernahmeveruche und die Finanzkrise selbst in finanzielle Schwierigkeiten. Bald drehen sich die Machtverhältnisse um. Im Sommer 2009 konnte Porsche ein Übernahmeangebot von VW noch ablehnen und verhandelte mit Katar über einen Einstieg. Während VW im September bereits wieder Sonderschichten einsetzt, muss Porsche Mitarbeiter in Kurzarbeit schicken. Ende des Jahres übernahm VW für 3,9 Mrd. Euro knapp die Hälfte der Anteile von Porsche (vgl. Volkswagen 2013a; Automobilwoche 2010-2009 versch. Ausg.; Becker 2010, S. 63).

In Tabelle 3.3 sind die wichtigsten Kennzahlen der drei großen, deutschen Automobilkonzerne Volkswagen, Daimler und BMW für die Jahre 2006 bis 2012 zusammengefasst.

Tabelle 3.3: Kennzahlen der deutschen Automobilkonzerne 2006-2011,

		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
BMW Group	Umsatz (in Mio Euro)	48.999	56.018	53.197	50.681	60.477	68.821	76.800
	Automobilproduktion (in Tsd.)	1.323	1.542	1.440	1.258	1.481	1.738	1.862
	Automobilabsatz (in Tsd.)	1.373	1.501	1.436	1.286	1.461	1.669	1.845
	Investitionen (in Mio Euro)	4.313	4.267	4.204	3.471	3.263	3.692	5.240
	Mitarbeiterzahl	106.575	107.539	100.041	96.230	95.453	100.306	105.876
Daimler-Konzern	Umsatz (in Mio Euro)	99.222	101.569	98.469	78.924	97.761	106.540	114.297
	Produktion (MB Cars) (in Tsd.)	1.230	1.300	1.338	1.032	1.312	1.392	1.456
	Absatz (MB Cars) (in Tsd.)	1.252	1.293	1.273	1.094	1.277	1.381	1.452
	Auslandsanteil Absatz (MB Cars) (in %)	72	73	74	73	77	79	80
	Investitionen (in Mio Euro)	k.A.	2.927	3.559	2.423	3.653	4.158	4.827
	FuE-Leistungen (in Mio Euro)	k.A.	4.148	4.442	4.181	4.849	5.634	5.644
	Mitarbeiterzahl	k.A.	272.382	273.216	256.407	260.100	271.370	275.087
	Auslandsanteil Mitarbeitern (in %)	k.A.	39	39	37	37	38	40
Volkswagen	Umsatz (in Mio Euro)	104.875	108.897	113.808	105.187	126.875	159.337	192.676
	Automobilproduktion (in Tsd.)	5.660	6.213	6.347	6.055	7.358	8.494	9.255
	Auslandsanteil Produktion (in %)	66	66	66	70	71	69	k.A.
	Absatz (in Tsd.)	5.720	6.192	6.272	6.310	7.278	8.361	9.345
	Auslandsanteil Absatz (in %)	81	83	84	80	85	86	87
	Investitionen (in Mio Euro)	11.911	7.120	11.613	10.428	9.278	16.002	16.455
	Mitarbeiterzahl	328.599	328.594	357.207	366.769	388.536	454.025	533.469
	Auslandsanteil Mitarbeitern (in %)	47	47	50	53	51	57	66

Quelle: BMW 2013a, Daimler 2013a, Volkswagen 2013a

Die Automobilzulieferindustrie sowie die Handel und Werkstätten waren noch stärker von der Krise betroffen als die OEM. Bei den Zulieferern machten sich die dort ebenfalls vorhandenen, hohen Überkapazitäten bemerkbar. Geringer werdende Eigenkapitalquoten, zunehmend restriktiverer Kreditvergabe und weitere Preissenkungen trotz kleinerer Stückzahlen durch die OEM setzten die Unternehmen zusätzlich unter Druck. Hinzu kommt, dass Entwicklungskosten immer seltener von den OEM erstattet werden. Dagegen steigen die Strafen für Qualitätsmängel und Zeitverzögerungen deutlich an. Um dem Kostendruck in der Krise standzuhalten, verlagerten Zulieferer zunehmend ihre Produktion in Niedriglohnländer und bauten Personal ab. Viele Mitarbeiter arbeiteten in Kurzarbeit oder mussten auf Gehalt verzichten. Trotz dieser Maßnahmen meldeten viele Zulieferer, Dienstleister und vor allem Händler trotz der vorübergehenden, konjunkturfördernden Wirkung der Umweltprämie in der Krise Insolvenzen an. Gründe für die vielen Insolvenzen der Händler waren u. a. die zunehmende Verschärfung der Kreditvergabe und Probleme durch Leasingrückläufe, von denen vor allem große Handelsketten betroffen waren. Hinzu kamen zu dichte Händlernetze, hohe Rabatte und erodierende Margen, die schon vor der Krise Probleme für die Händler bedeuteten. Nach Angaben des statistischen Bundesamts mussten im ersten Halbjahr 2009 788 Händler Insolvenz anmelden, was eine Zunahme an Insolvenzen im Vergleich zum Vorjahr von 22 Prozent bedeutete. Im August 2009 kamen über hundert weitere Insolvenzen dazu. Aufgrund zunehmender Insolvenzen und fehlender Investoren kündigen OEM Maßnahmen zur Unterstützung der Händler wie Kreditzusagen, Sonderzahlungen, Erstattung der Leasing-Verluste bis hin zu Übernahmen an. Auch der Bereich der Ingenieurs- und IT-Dienstleistung war von der Krise betroffen und wurde zunehmend ausgelagert. Nach einer Studie von Capgemini stieg im Jahr 2009 die Nachfrage nach Outsourcing in diesem Bereich um ein Drittel. Fast alle großen Unternehmen der Branche lagerten IT-Dienst-

leistungen aus, um Kosten zu sparen und eine höhere Flexibilität der IT-Infrastruktur zu erreichen. IT-Dienstleister reduzieren ihre Kosten zunehmend durch Auslagerung in Niedriglohnländer. Die Tabelle A.1 im Anhang A fasst auszugsweise die Entwicklung in der Krise von Januar 2009 bis Februar 2010 bei Zulieferern, Händlern und Werkstätten zusammen (vgl. Automobilwoche 2009, Ausgaben 19-24). Obwohl 2009 der Umsatz der Automobilzulieferer global um etwa 25 Prozent von 5,7 Prozent auf minus 1,5 Prozent sank, kamen Konsolidierungsprozesse nur langsam in Gang. Begründet wird diese Entwicklung mit der geringen Attraktivität von Investitionen in die Zulieferer-Branche aufgrund von niedrigen Margen und hohen Überkapazitäten. Außerdem fehlen den Zulieferern die Finanzmittel für Zukäufe. Eine weitere Konsolidierung bei den Zulieferern wird darüber hinaus von den OEM kritisch beurteilt, da diese die Marktmacht zu großer Zulieferkonzerne fürchten. Deshalb verzichteten Zulieferer auf Übernahmen von Konkurrenten, um nicht die eigenen Auftragslage zu gefährden (vgl. Automobilwoche 5, Februar 2010, S. 23).

In der Krise zeigt sich, dass die Zulieferer, die eine höhere Produktvielfalt anbieten, durch geringere Auftragsschwankungen weniger unter Druck gerieten. Eine Konsequenz ist die zunehmende Flexibilisierung des Automotive-Geschäfts, die Ausweitung des Nachrüstgeschäfts, das unabhängiger von Neuwagenverkäufen ist, und des Non-Automotive-Geschäfts bei Zulieferern, Ingenieurs- und IT-Dienstleistern (vgl. Automobilwoche 25/26, Dezember 2009, S. 14; 3, Januar 2010, S. 16).

Zum Jahreswechsel 2009/2010 zeichnet sich an den Weltautomobilmärkten allmählich ein Aufwärtstrend ab. Insgesamt zog der Export deutscher Hersteller seit dem vierten Quartal 2009 wieder an. Die Automobilproduktion lag im Dezember 2009 wieder im Vergleich zum Vorjahresmonat im Plus. Die Produktion in Europa stieg im ersten Halbjahr 2010 um 21,1 Prozent gegenüber dem Vorjahreshalbjahr. Das Wachstum gründete sich vor allem auf die überdurchschnittliche Erhöhung der Produktion bei den deutschen Premiummarken Audi, BMW und Mercedes-Benz. Die Volumenmarken VW, Skoda, Fiat Renault, Opel und Ford produzieren dagegen 2010 weniger als im Vorjahr. Der Grund dafür ist der Effekt der Umweltprämie aus dem Vorjahr. Im Vergleich zum ersten Halbjahr 2009 ging der Absatz um knapp 30 Prozent zurück. Vor allem der Absatz von Kleinst-, Klein- und Mittelklassewagen war davon betroffen. In den USA wuchs der Pkw-Markt 2010 dagegen wieder deutlich. Im Juni 2010 lag der Absatz bspw. 14 Prozent über dem des Juni 2009, allerdings 17 Prozent unter dem des Juni 2008. In den USA profitieren vor allem Ford, Toyota und Nissan. Gestützt wurde der neuerliche Aufschwung durch wichtige Wachstumsmärkte wie China, die von der Krise zunächst weitgehend nicht betroffen waren. In China konnten die deutschen OEM ihre Position weiter ausbauen und ihren Pkw-Absatz innerhalb von vier Jahren verdreifachen. Doch auch in China wird zukünftig ein Abflauen der Konjunktur erwartet (vgl. Automobilwoche 2010, versch. Ausg.; VDA 2010, S. 7 f.).

Ein wichtiger Indikator der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit ist das Investitionsverhalten. Die Investitionen deutscher Unternehmen lagen 2010 mit 223 Mrd. Euro und 7,7 Prozent des

Produktionswertes wieder auf dem Vorkrisenniveau (vgl. iwd 2011, S. 1). Vertreter des Handels, der OEM und Zulieferer äußern sich optimistisch über die kommenden Geschäftsjahre. Die rasche Erholung wäre ohne drastische Sparmaßnahmen wie Personalabbau, Kurzarbeit und Gehaltsverzicht nicht möglich gewesen. Die meisten OEM konnten durch den Abbau von Überkapazitäten in der Krise ihre Produktivität erhöhen, was langfristig die Wettbewerbsfähigkeit fördern kann. Dies gilt auch für viele Zulieferbetriebe. Während diejenigen Zulieferer, die in der Krise Überkapazitäten abgebaut und Kosten gesenkt haben, 2010 vom Konjunkturaufschwung profitieren können, ist bei anderen die Finanzbasis durch die Krise geschwächt. Bei den schwächeren Zulieferern stieg auch 2010 das Insolvenzrisiko weiter an, denn zum geringen Eigenkapital kamen Probleme durch hohe Kreditzinsen. So konnten die schwächeren Zulieferer nicht vom Aufschwung profitieren, sondern gerieten gerade durch den Aufschwung, der Investitionen erforderlich macht, weiter unter Druck. In der Krise sind ca. hundert deutsche Zulieferer in die Insolvenz gegangen. Trotz dieser Probleme bei einem Teil der Zulieferer haben sich insgesamt viele OEM und Zulieferer schneller von der Krise erholt als zunächst erwartet. Die Auslastung der Automobilwerke ist insgesamt auf rund 87 Prozent gestiegen, nachdem sie im zweiten Quartal 2009 auf 62 Prozent gesunken war. Die Auslastung der Zulieferer lag 2010 wieder bei 81 Prozent (vgl. Automobilwoche 2010 versch. Ausg.).

Trotz Markterholung wird ein verschärfter Wettbewerb unter den Anbietern in den nächsten Jahren erwartet, auch wenn eine weitere Konsolidierung zumindest bei den OEM wenig wahrscheinlich ist. Langfristig ist in den Industrieländern, vor allem aber in Westeuropa und Japan, nicht mit einem größeren Produktionswachstum zu rechnen, denn die Produktion verlagert sich zunehmend in die Wachstumsmärkte. Bereits 2009 nahm die Produktion in Westeuropa, Nordamerika und Japan nur noch etwa 50 Prozent der weltweiten Fahrzeugproduktion ein. 2000 waren es noch fast 80 Prozent (vgl. Becker 2010, S. 20 f., 33 f.).

Ein aktueller Trend, der durch die Krise verstärkt wurde, ist die zunehmende Kooperation zwischen auf dem Markt konkurrierenden Unternehmen. Diese nehmen verschiedene Formen von zeitlich begrenzten Kooperationen, über strategischen Allianzen bis hin zu Fusionen an. Ziel ist es positive Skaleneffekte, Wettbewerbsfähigkeit und Rentabilität zu erhöhen. Ein Beispiel ist die strategische Partnerschaft zwischen Renault und Nissan, die in der Krise weiter vertieft wurde. Beide Konzerne halten jeweils einen geringen, symbolischen Anteil an dem anderen Unternehmen, und versuchen gemeinsam ihre Marktstellung zu verbessern. Daimler schloss sich der strategischen Allianz von Renault und Nissan an. Von der Kooperation mit Renault soll vor allem die Marke Smart profitieren. Im April 2010 wurde die Kooperation zwischen Daimler und Renault mit einer symbolischen Überkreuzbeteiligung (unter 3 Prozent) besiegelt. Eine Zusammenarbeit ist neben dem Bereich Kleinwagen, bei der Entwicklung von Benzinmotoren, Lieferwagen sowie bei Batterien und Elektroautos geplant. Daimler und BMW dehnen ihre bestehende Einkaufskooperation aus, um die fehlende Größe

der beiden Konzerne im Pkw-Bereich gegenüber der Konkurrenz auszugleichen. PSA baute im Frühjahr 2010 die Kooperation mit Mitsubishi zu einer strategischen Partnerschaft aus. Bei den deutschen Zulieferern bauen bspw. Bosch und ZF Friedrichshafen eine Zusammenarbeit im Service- und Nachrüstgeschäft auf (vgl. Automobilwochen 2010-2009, versch. Ausg.; Becker 2010, S. 21; 2007, S. 28).

Zu den bedeutenden Fusionen der Krisenjahre gehört bei den deutschen OEM die Übernahme von Porsche durch VW nach dem gescheiterten, gegenteiligen Übernahmeversuch. Im Dezember 2009 stieg VW außerdem mit knapp 20 Prozent bei Suzuki ein. Im Gegenzug übernahm Suzuki ein Aktienpaket (2,5 Prozent) von VW. Suzuki sollte die Lücke bei Kleinwagen im VW-Portfolio schließen und so mehr Volumen bringen. Suzuki hoffte vom VW-Know-how bei Benzin- und Dieseldirekteinspritzern zu profitieren. Suzuki sucht bereits seit dem Ausstieg von GM Ende 2008 nach einem neuen Partner. Vorteilhaft an der Kooperation ist, dass es kaum technische und regionale Überschneidungen zwischen Suzuki und den VW-Marken gibt: VW erhält Zugang zu Kleinwagenplattformen, zum indischen und anderen Märkten von Schwellenländern. Suzuki bekommt größere Aggregate und Diesel-Know-how. Die strategische Partnerschaft löste allerdings bereits heftige Auseinandersetzungen zwischen den beiden Unternehmen aus, so dass Suzuki eine weitere Vertiefung der Partnerschaft derzeit ablehnt. Bei den Zulieferern wurde z. B. Continental von der Schaeffler Gruppe übernommen und die Edscha-Dachsystem-Sparte von Webasto, wodurch eine Marktkonzentration in dem Geschäftsbereich entstand, die eine spätere Übernahme der Dachssystem-Sparte von Karmann durch Magna verhinderte. Bei den europäischen OEM stärkte Fiat seine Marktstellung deutlich, vor allem auf dem US-amerikanischen Markt durch die Übernahme von Chrysler. Der chinesische OEM Geely profitierte gleich doppelt durch die Übernahme von Volvo, zum einen durch die Erschließung des europäischen Marktes, zum anderen durch die Akquise einer Premiummarke für den chinesischen Markt (vgl. Automobilwochen 2010-2009, versch. Ausg.).

Die Betrachtung der Merkmale und Entwicklungen in der deutschen Automobilindustrie zeigt, dass die Branche kontinuierlichen Veränderungsprozessen unterliegt, welche die Märkte und Produkte sowie die Organisation der Geschäftsprozesse betreffen. Die Krise hat zu einer Beschleunigung des Wandels geführt, da strukturelle Probleme wie die der Überkapazitäten in der Produktion nicht mehr kompensiert werden konnten und zu massiven Problemen und Insolvenzen führten. Neben allen negativen Auswirkungen wie Umsatz- und Absatzeinbrüche gab die Krise den Unternehmen die Möglichkeit Reorganisationsprozesse zu beschleunigen und gestärkt aus ihr hervorzugehen.

Die strukturellen Veränderungen der Branche spiegeln sich in strukturellen Veränderungen der Innovationssysteme. Dabei treten neue Akteure in die Systeme ein, z. B. Unternehmen aus der Elektronik- oder IT-Branche oder wissenschaftliche Einrichtungen aus diesen Disziplinen, andere treten aus den Systemen aus, z. B. durch Insolvenzen und Verschiebungen der Geschäfts- oder

Forschungsaktivitäten. Neue Systeme differenzieren sich aus, z. B. in Form neuer Kooperationen in und zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, andere lösen sich auf, z. B. durch die mit Übernahmen entstehenden neuen Wettbewerbskonstellationen. Innovationsprozesse richten sich zunehmend auf andere Bereiche des Produkts Automobil, z. B. auf Ausstattungsmerkmale im Infotainment-Bereich, oder auf nachgelagerte Dienstleistungen, wie Servicepakete, Finanzierungs- und Versicherungsmodelle.

Die Variation der Antriebssysteme durch die zunehmende Elektrifizierung des Antriebssystems und die Einführung von Elektromobilität stellt eine weitere Differenzierung der Produktstrategie dar. Sie führt zu einem weit reichenden Wandel der Innovationssysteme und Branchenstrukturen. Zum einen ermöglicht diese die Erschließung neuer Wachstumspotentiale, zum anderen ist die Entwicklung klimaverträglicher Mobilitätskonzepte ein wesentlicher Beitrag zur Lösung gesellschaftlicher Probleme wie Ölabhängigkeit von Wirtschaft und Verkehr und CO₂-Emissionen.

3.1.3 Weitere Akteure der Innovationssysteme: Akteure aus Wissenschaft und Politik

Zu den Akteuren der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie gehören neben den Akteuren der Wirtschaft, den Automobilhersteller und -zulieferern, weitere Akteure, die das Innovationsgeschehen prägen. Nach dem Triple-Helix-Modell der Innovationssysteme sind zwei wichtige Gruppen die Akteure aus der Wissenschaft, die eine relativ stabile Gemeinschaft derjenigen bilden, die traditionell mit der Automobilindustrie zusammenarbeiten, zu FuE sowie Qualifikation und Ausbildung beitragen, und die Akteure der Politik, die auf unterschiedlichen Ebenen regulierend und subventionierend in das Forschungsgeschehen eingreifen. Diese beiden Gruppen werden im Folgenden vorgestellt.

Akteure der Wissenschaft

Die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie zeichnen sich durch die vielfältigen Interaktionen zwischen den Unternehmen der Wirtschaft und diversen wissenschaftlichen Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen aus. Im Fahrzeug- und Antriebsbau gibt es eine lange Kooperationstradition zwischen ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten und industriellen Entwicklungsabteilungen. Zu den Organisationen der Wissenschaft gehören (Technische) Universitäten, (Fach-)Hochschulen, Berufsakademien und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen wie bspw. Institute der Fraunhofer Gesellschaft. Während die Grundlagenforschung überwiegend an den Universitäten stattfindet, ist die Forschung der außeruniversitären und

industriellen Forschungseinrichtungen - wissenschaftliche Ausgründungen und Abteilungen der Wirtschaftsunternehmen sowie privatwirtschaftliche Ausgründungen der Wissenschaftseinrichtungen - oft stärker anwendungsorientiert. Ausbildung und Qualifizierung finden schwerpunktmäßig an den Universitäten, Fachhochschulen und Berufsakademien statt. Das Ziel der Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft ist der Wissens- und Technologietransfer, der mehr oder weniger formell oder informell geregelt sein kann. Er findet in FuE-Kooperationen sowie durch die Qualifizierung und den Wechsel von Personal statt. Die Effektivität der Innovationssysteme hängt weitgehend von der komplementären Arbeitsweise, dem internen Wettbewerb, der Finanzierung, Qualifizierung und Art der Wechselwirkung zwischen Grundlagen- und Anwendungsforschung ab. In den Unternehmen bilden Technologie- und Vorentwicklung sowie die Weiterentwicklung von Produkten und Prozessen einen wesentlichen Teil der FuE, so dass Wissenschaftskooperationen oft den Austausch zwischen Grundlagen- und Anwendungsforschung stärkt (vgl. Canzler/ Wentland/ Simon 2011, S. 3; Blöcker 2001, S. 26 ff.).

Bei Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft spielt öfter die räumliche Nähe der Organisationen eine wichtigere Rolle als bei FuE-Kooperationen zwischen Unternehmen. In dem regionalwissenschaftlichen Diskurs um die Bedeutung von „Nähe“ („*proximity*“) für Kooperationen in Innovationssystemen wird festgestellt, dass sich die Zahl der zentralen Akteure für Kooperationsprozesse zunehmend global verteilt und somit die räumliche Nähe der Akteure abnimmt. Es gibt aber auch Beispiele von Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, bei denen räumliche Nähe schon immer eine eher untergeordnete Rolle spielte, wie bei der Wissenschaftsregion Aachen. Dennoch bildet räumliche Nähe in vielen Fällen den Ausgangspunkt für wissenschaftlicher Kooperationsnetzwerke (vgl. Blöcker/ Jürgens/ Meißner 2009, S. 4 f., 33 f.).

Die Region Aachen gehört in Deutschland zu den wenigen Beispielen einer ausgeprägten Spezialisierung der wissenschaftlichen Forschung im Bereich Automobil ohne die Präsenz eines großen OEM. Unmittelbar in Aachen angesiedelt ist allerdings das Ford Forschungszentrum, das sich somit in relativer Nähe zur Ford of Europe Zentrale in Köln befindet. Das Ford Forschungszentrum ist für Fahrwerkstests und die Integration elektronischer Fahrsysteme ins Gesamtfahrzeug zuständig. In der Forschung dominieren die Bereiche Wasserstoffantriebe und optische Fahrerassistenzsysteme. Den Mittelpunkt der wissenschaftlichen Forschung der Region bilden die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen und verschiedene Hochschulausgründungen wie die FEV Motorentechnik GmbH und die Forschungsgesellschaft Kraftfahrtwesen Aachen (FKA), die sich auf die Weiterentwicklung des Antriebsstrangs spezialisiert haben. Weitere Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind u. a. die Fachhochschule (FH) Aachen, eine der größten Fachhochschulen in Deutschland, und das Forschungszentrum Jülich. In der Region gibt es zahlreiche Entwicklungsdienstleister und Ingenieurgesellschaften, die oftmals durch Personalunionen mit der

RWTH Aachen verbunden sind. Die Zusammenarbeit zwischen der wissenschaftlichen Forschung der Region und den Entwicklungsabteilungen der OEM stützt sich auf enge, personelle Verflechtungen. Viele Mitarbeiter der FuE-Abteilungen haben in Aachen studiert, rekrutieren dort wiederum ihre Mitarbeiter und vergeben FuE-Aufträge in der Region (vgl. Blöcker/ Jürgens/ Meißner 2009, S. 208 ff., 231).

Beispielhaft für die Bedeutung räumlicher Nähe wissenschaftlicher Einrichtungen bei der Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie ist die Entwicklung der Wissenschaftskooperationen der Audi AG. Die ersten, strategischen Partnerschaften mit Universitäten entstanden im süddeutschen Raum in der Nähe der Standorte Ingolstadt und Neckarsulm. Heute bestehen neben den räumlich nahen Kooperationen zu den süddeutschen Standorten mit der Technischen Hochschule (TH) Ingolstadt, der Universität Eichstätt-Ingolstadt, der Technischen Universität (TU) München, der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München, Bundeswehruniversität München, der Universität Erlangen-Nürnberg, der Hochschule Heilbronn, der Universität Stuttgart und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), weitere Kooperationen mit der Universität St. Gallen, den Universitäten Győr und Budapest, in der Nähe des Motorwerks in Győr, der TU Dortmund und der Universität Shanghai. Darüber hinaus unterhält Audi eine Reihe projektbasierte Kooperationen mit Universitäten aus Deutschland, der Schweiz und den USA, Ungarn und China, darunter die RWTH Aachen, die Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich und das MIT Boston. Generell findet sich in Deutschland eine hohe Konzentration wissenschaftlicher Einrichtungen mit Schwerpunkten in Fahrzeugtechnik und Maschinenbauwesen in der Nähe der OEM, also in den Regionen München, Stuttgart und Karlsruhe, Wolfsburg und Braunschweig sowie Leipzig und Dresden (vgl. Audi 2013; Blöcker/ Jürgens/ Meißner 2009, S. 23).

Die universitäre Forschung, die sich auf das Automobil und die Automobilindustrie bezieht, findet überwiegend in den Fakultäten und Instituten für Maschinenwesen und Fahrzeugtechnik, Elektronik und Elektrotechnik sowie in anderen Ingenieurwissenschaften, in angewandten Teilen der Naturwissenschaften, vor allem der Chemie und Physik, sowie in den Wirtschaftswissenschaften statt. In der Technikforschung in Deutschland lässt sich eine starke Fokussierung auf Technologien des Antriebssystems, vor allem Verbrennungsmotoren, Getriebe, Katalysatoren und Fahrwerk sowie Gesamtfahrzeugkonzepte feststellen. Wichtige FuE-Themen sind verschiedene, elektronische, mechatronische und IKT-Systeme, wie Steuergeräte, Fahrerassistenzsysteme und IKT-Dienste. Außerdem bedeutend sind die Materialtechnik, Prüf- und Simulationstechnik sowie Produktionstechnik und Prozessorganisation. In den letzten fünf Jahren hat vor allem die Forschung im Bereich alternative Antriebe und Kraftstoffe zugenommen. Während sich bis Mitte der 2000er Jahre die wissenschaftliche FuE in diesem Bereich überwiegend mit Brennstoffzellentechnologien und Wasserstoff befasst hat, haben ab 2008 vor allem die Themen Hybrid- und Elektrofahrzeuge, Batterie-

technologie und Elektromotoren an Bedeutung gewonnen. Die verschiedenen, wissenschaftlichen Disziplinen, die sich mit dem Automobil und der Automobilindustrie befassen, wie bspw. Maschinenwesen und Elektrotechnik, sind überwiegend voneinander abgegrenzt und koexistieren mehr als zu kooperieren. Sie haben sich im Laufe der Zeit innerhalb des Wissenschaftssystems ausdifferenziert und stabilisiert. Die Stabilisation der verschiedenen Bereiche zeigt sich in den jeweiligen Prämissen, Methoden und Lehrmeinungen sowie in spezifischen Karrierewegen und der jeweiligen Fachsozialisation. Das Ergebnis dieser Ausdifferenzierung sind verfestigte methodische, funktionale und kulturelle Unterschiede (vgl. Canzler/ Wentland/ Simon 2011, S. 8 f.; Innovations-report 2009-2013; Stichweh 1994).

Die abgegrenzte Koexistenz der verschiedenen Disziplinen zeigt sich nicht nur in den Forschungsaktivitäten, sondern auch in der Ausbildung des Fachpersonals, die von den Universitäten, Fachhochschulen und Berufsakademien geleistet wird. An mehr als 85 Universitäten und Hochschulen in Deutschland gibt es über 230 Studienangebote, die sich mit Automobil- und Fahrzeugtechnik, Automobilwirtschaft und -industrie auseinandersetzen. Die meisten Studiengänge, die dem Bereich Maschinenbau oder -wesen zugeordnet sind, beschäftigen sich schwerpunktmäßig mit Fahrzeugtechnik (RWTH Aachen, Ruhr-Universität Bochum, TU Braunschweig, TU Darmstadt, TU Ilmenau, KIT, TU München, Universität Stuttgart und verschiedene Hochschulen). Andere Studiengänge beschäftigen sich mit der Automobilproduktion (z. B. TU Chemnitz), Verkehrsingenieurswesen und Verkehrswirtschaft (z. B. TU Berlin, TU Dresden), Automobilmanagement (z. B. European Business School EBS), Wirtschaftsingenieurswesen (z. B. FH Braunschweig/Wolfenbüttel, Hochschule Coburg, Universität Erlangen-Nürnberg, FH Gelsenkirchen), Mechatronik (z. B. FH Augsburg, FH Brandenburg, Hochschule Coburg, TU Dresden, Universität Erlangen-Nürnberg, TU Ilmenau, Universität Magdeburg), Kfz-Elektronik (z. B. FH Brandenburg, Hochschule Offenburg, FH Zwickau) oder Materialwirtschaft (z. B. TU Darmstadt, Universität Erlangen-Nürnberg) (vgl. Studieren.de 2013; Karrierefürer 2013).

In den Innovationssystemen zeigt sich die disziplinäre Abgrenzung immer wieder in der Fokussierung der Aktivitäten auf spezifische Technologien und Teilsysteme des Automobils und der Automobilproduktion. Die verschiedenen Disziplinen bilden meist in Kooperationen mit der Wirtschaft eigene Innovationssysteme aus, deren Strukturen deutlich voneinander abweichen. Interdisziplinäre Zusammenarbeit gestaltet sich aufgrund der methodischen und fachkulturellen Unterschiede oftmals schwierig und ist eher selten. Die Schwierigkeiten zeigen sich besonders deutlich in der Zusammenarbeit technischer und nicht-technischer Disziplinen. So verweist der häufig verwendete Begriff der „Begleitforschung“ darauf, dass eine nicht-technische Wissenschaftsdisziplin zwar Innovationsprozesse begleitet, aber eher ergänzend als gleichberechtigt agiert.

Auch die außeruniversitäre Forschung ist für die FuE in der deutschen Automobilindustrie von großer Bedeutung. Dabei zeigen sich ebenfalls eine weitgehende Differenzierung nach wissenschaftlichen Disziplinen und eine enge Verbundenheit mit der Industrie. VW stützt sich bspw. bei Fragen der Technologie- und Strategieentwicklung neben den Forschungsnetzwerken der Industrieverbände auf die Forschungsk Kooperationen mit Instituten der Fraunhofer Gesellschaft und andere Großforschungseinrichtungen und arbeitet unter anderem im Bereich Produktion und Produktionsanlagen eng mit dem Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) und im Bereich Logistik mit dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) zusammen (vgl. Blöcker/ Jürgens/ Meißner 2009, S. 26). Innerhalb der Fraunhofer Gesellschaft beschäftigt sich verschiedene Institute im Bereich Verkehr und Mobilität mit verschiedenen Forschungsprojekten rund ums Automobil. Einige Beispiele sind:

- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF) beschäftigt sich im Geschäftsfeld Automotive mit den Bereichen Antriebsstrang, Fahrwerk und Karosserie;
- Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering (IESE) arbeitet in den Bereichen Softwareentwicklung und Elektronik bzw. Elektrotechnik unter anderem mit Audi, BMW und Bosch zusammen;
- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) forscht unter anderem in den Bereichen Autoelektronik und Bauteilsicherheit in Automobilen;
- Fraunhofer IML beschäftigt sich in der Abteilung Supply Chain Engineering mit Automobillogistik;
- Fraunhofer-Institute für Lasertechnik (ILT), Physikalische Messtechnik (IPM) und IWU erforschen neue Technologie für die Automobil- und Motorenproduktion;
- Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST) arbeitet an neuen Materialien für den Einsatz im Automobil (vgl. Fraunhofer 2013a).

Innerhalb der Fraunhofer Gesellschaft haben sich 18 Institute zur Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion zusammengeschlossen¹⁷. Die Schwerpunktaufgaben der Allianz umfassen die Themen Virtualisierung und Simulation der Prozesskette, Reduzierung des Materialeinsatzes, innovative und ressourcenschonende Technologien sowie energiearme Anlagentechnik. Die Geschäftsfelder sind

¹⁷ Fraunhofer-Institute für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart; Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF), Darmstadt; Chemische Technologie (ICT), Pfinztal (Berghausen); Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF), Magdeburg; Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Institutsteil für Pulvermetallurgie und Verbundwerkstoffe, Dresden und Institutsteil für Klebtechnik und Oberflächen, Bremen; Keramische Technologien und Systeme (IKTS), Dresden; IML, Dortmund; Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK), Berlin; Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart; Produktionstechnologie (IPT), Aachen; IST, Braunschweig; Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM), Kaiserslautern; Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT), Oberhausen; Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), Dresden; Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP), Saarbrücken; Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB), Karlsruhe; IWM, Freiburg und Institutsteil Halle; IWU, Chemnitz und Institutsteil Dresden

eingeteilt in die Bereiche Karosserie, Antrieb, Interieur und Fahrzeugmontage (vgl. Fraunhofer Automobil 2013).

Zusammenfassend lässt sich zur Bedeutung wissenschaftlicher Einrichtungen für die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie feststellen, dass diese eine wesentliche Rolle sowohl in der FuE, vor allem der Grundlagenforschung, als auch der Qualifizierung und Ausbildung von Personal spielen. Wissenschaftliche Gemeinschaften formieren sich vorwiegend um die Ingenieurwissenschaften Maschinenwesen und Fahrzeugtechnik sowie Elektronik, Elektro- und Informationstechnik und agieren meist disziplinar getrennt. Die wissenschaftliche Forschung im Bereich Automobil und -industrie konzentriert sich auf die Forschungsbereiche, die auch in der industriellen Forschung der Unternehmen den wesentlichen Anteil der FuE ausmachen. Die Interaktions- und Kooperationsformen zwischen OEM, Zulieferern und Dienstleistern auf der einen Seite und wissenschaftlichen Einrichtungen auf der anderen Seite sind vielfach erprobt und Erwartungen aufeinander abgestimmt, so dass sich feste Strukturen in den Innovationssystemen herausgebildet haben. Sie beruhen auf einer Praxis aus gemeinsamen Forschungsprojekten, häufiger Personalwechsel zwischen Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen sowie einer gängigen Rekrutierungspraxis der Unternehmen, die sich in bedarfsgerechten Studiengängen spiegelt. Durch den engen Austausch zwischen Wirtschaft und Wissenschaft ist die „automobile Gemeinschaft“ in der FuE relativ stabil und geschlossen (vgl. auch Canzler/ Wentland/ Simon 2011, S. 21 f.).

Akteure der Politik

Eine dritte Akteursgruppe der Innovationssysteme findet sich im Politiksystem. Nationale, regionale und supranationale, politische Einrichtungen sind wesentlich an der Förderung von Innovationen, des Einsatzes neuer Technologien und von Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft sowie der Gestaltung innovationsfreundlicher Rahmenbedingungen beteiligt. Für die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie sind vor allem die Gesetzgebung und Förderung der Bundes- und Landesregierungen sowie der EU relevant. Die staatliche Forschungs- und Entwicklungspolitik ist ein zentraler Bestandteil der Industriepolitik. Innovationspolitische Aktivitäten dienen der Förderung von Grundlagen- und Anwendungsforschung, der technologischen Entwicklung, der industriellen Innovation und der Verbesserung des Technologietransfers. Die Instrumente der Innovationspolitik zielen in erster Linie auf die Phasen der Invention und der Markteinführung. Sie reichen von direkter Förderung von FuE(-Projekten) über staatliche Subventionen bis hin zur unterstützenden Maßnahmen zur beschleunigten Markteinführung. Innovationspolitik bildet eine Schnittstelle zwischen Industrie- und Technologiepolitik. Weitere Schnittmengen bestehen mit anderen Politikbereichen wie Bildung, Wirtschaft, Recht, Umwelt und Verkehr. Die Förderung von FuE in der Automobilindustrie und -technik sowie die Schaffung und Gestaltung monetärer, industrie- und verkehrs-

politischer Rahmenbedingungen für die Forschung in Wirtschaft und Wissenschaft finden deshalb durch unterschiedliche Ministerien statt. Das BMBF ist das wichtigste Ministerium der Forschungs- und Innovationsförderung auf Bundesebene. Zusätzlich kommen Förderungen und innovationspolitische Maßnahmen von den BMWi und BMVBS¹⁸ sowie den entsprechenden Ministerien auf Landesebene, vor allem in den Bundesländern mit einer ausgeprägten, ansässigen Automobilindustrie wie Bayern, Baden-Württemberg, Sachsen und Niedersachsen. Die Innovationspolitik wurde seit den 1990 Jahren zunehmend dezentral organisiert, wodurch die institutionelle Vielfalt der beteiligten, politischen Akteure zunimmt. Auf regionaler Ebene sind neben den Landesregierungen, Kommunen, halbstaatliche und private Organisationen wie Industrie- und Handelskammern, Transferorganisationen und die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen relevant. Auch auf EU-Ebene werden gemeinsame Maßnahmen beschlossen, um die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Automobilindustrie auf den internationalen Märkten zu gewährleisten. Relevante Politikbereiche wie Handels-, Forschungs-, Verkehrs- und Infrastrukturpolitik und internationale, technische Standards werden EU-weit gemeinsam beraten, um bei gesetzlichen Vorgaben mit Auswirkungen auf die Automobilindustrie einheitliche Empfehlungen abzugeben (vgl. BMWi 2011, S. 20; Jänicke/ Lindemann 2009, S. 176; Dehio et al. 2005, S. 43; Cantner 2000, S. 107; Meyer-Krahmer 2000, S. 113 ff.; Möschel 1994, S. 40).

In den 1970er und 1980er Jahren wurde Innovationspolitik im Wesentlichen als Technologiepolitik betrieben. Das Hauptinteresse lag auf neuen Technologien, die in den FuE-Laboren der Universitäten, Forschungseinrichtungen und bei großen Unternehmen entwickelt wurden. Die Politik richtete sich an der Frage aus, wie Technologien in die Anwendung und zu den Anwendern transferiert werden können. In den 1990er Jahren wandelte sich mit dem Verständnis von Innovationsprozessen auch die Innovationspolitik. Innovation wurde zunehmend als nicht-linearer, systemischer Prozess verstanden. Die Innovationspolitik wurde weniger direktiv und setzte stärker auf positive Anreize für innovationsorientiertes Handeln. In den 1970er und 1980er Jahren konzentrierte sich die Innovationspolitik auf eine Finanzierung vorwettbewerblicher Kooperation in der FuE, die sich meist auf definierte Innovationsthemen bezog. In den vergangenen 15 bis 20 Jahren wurde zunehmend auf strikte Vorgaben und Kontrollen verzichtet. Die Innovationsförderung konzentriert sich nun vermehrt auf marktnahe Innovationen, wobei die Definition der Themen in der Regel den Unternehmen überlassen wird. Die politischen Maßnahmen zielen dabei überwiegend auf die Beseitigung von Innovationshemmnissen, welche die Wettbewerbsfähigkeit einschränken. Zunehmende Beachtung kommt dem spezifischen, sozio-ökonomischen und institutionellen Umfeld und dessen Wirkung auf die Bildung (regionaler) Innovationsnetzwerke zu. Die Rolle der Regierungen wird in der Beratung, Koordination und Anregung von Kooperation gesehen, um Komplementarität innerhalb von

¹⁸ Seit Ende 2013 BMVi

Innovationssystemen zu schaffen und wechselseitige Lernprozesse anzuregen. Insgesamt soll Politik die Koordinierung von Innovationsprozessen unterstützen, während die Unternehmen, die Themen definieren, schnell am Markt operieren und sich dafür erforderliche Ressourcen durch Kooperation sichern. Die politische Aufmerksamkeit richtet sich zunehmend auch auf die regionalen Unterschiede und Veränderungen in der Innovationsfähigkeit sowie auf die Dynamik der Strukturierung innovativer Netzwerke. Die Förderung bezieht sich eher auf Forschungsk Kooperationen sowie Verbundforschung und weniger auf einzelne Unternehmen. Weiterhin bleibt die Förderung von Bildung und Grundlagenforschung eine wichtige Aufgabe des Staates (vgl. Dehio et al. 2005, S. 41; Ernste 2001; Cantner 2000, S. 107; Bandemer 1997).

Politische Akteure können die Etablierung problemzentrierter Forschung stärken. Problemzentrierte Forschungsfelder sind selten disziplinär verankert, sondern erfordern Kooperation über disziplinäre Grenzen hinaus. Die Förderung interdisziplinärer Kooperation ist ein wichtiges Anliegen staatlicher Förderstrategien. Interdisziplinarität, die sich innerhalb der Innovationssysteme selten ohne staatliche Förderung einstellt, da mit ihr etablierte Entwicklungspfade verlassen werden, kann zur Bedingung staatliche Förderung und damit deutlich wahrscheinlicher werden (vgl. Canzler/Wentland/Simon 2011, S. 25).

Eine strukturorientierte Innovationspolitik wird der Erkenntnis gerecht, dass die Politik zwar Innovationsprozesse anregen, aber nicht direkt steuern kann. Sie soll der Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit dienen, indem sie forschungsfördernde und innovationsfreundliche Rahmenbedingungen schafft. So wird das Gestalten von rechtlichen Rahmenbedingungen, die Innovationen in einem bestimmten Bereich begünstigen, ein wichtiges Instrument der Innovationspolitik (vgl. Canzler/Wentland/Simon 2011, S. 4 ff.; Dehio et al. 2005, S. 37 ff.; Gerlach/Ziegler 2005; S. 118; Möschel 1994, S. 53).

Die Bundesregierung sieht es als ihre Aufgabe, unternehmerisches Handeln mit innovationsfreundlichen Rahmenbedingungen zu begleiten. Sie beansprucht für sich dabei grundsätzlich technologieneutral vorzugehen, indem sie zwar Ziele setzt, die Technologien zur Zielerreichung aber nicht vorgibt. Die Ziele der Innovationspolitik richten sich auf die nationale und regionale Wettbewerbsfähigkeit, Lebensbedingungen, Infrastrukturen und Langzeitprogramme der Forschung. Der Bund orientiert sich in der Regel bei der Formulierung neuer Vorschriften einerseits an den Grenzen des technologisch Machbaren und andererseits, vor allem bei zeitlichen Vorgaben, an den Entwicklungs- und Lebenszyklen von Fahrzeugen, und kommt damit den Anforderungen der Automobilindustrie entgegen (vgl. BMWi 2011, S. 16 ff.; Meyer-Krahmer 2000, S. 113).

Die Formulierung von Vorschriften in Bezug auf Produkteigenschaften und Prozessketten findet sich im politischen Instrument der produktbezogenen Regulierung. Bei der Herstellung eines Produktes oder Herstellungsverfahren sollen durch die Festlegung verbindlicher und dynamischer Leistungsziele

Innovationen herbeigeführt werden. Eine weiterführende Form der Regulierung durch so genanntes „*Technology Forcing*“ geht über den Stand der Technik hinaus, so dass diese nicht mit verfügbaren Technologien eingehalten werden kann und so Innovationen forciert. Beispiele finden sich vor allem in der US-amerikanischen Gesetzgebung, wie dem *Clean Air Act* von 1970 oder dem kalifornischen *Zero Emission Vehicles (ZEV)* Programm von 1990. In der EU wird mit der Euro-Norm eine antizipierbare, dynamische Standardsetzung verfolgt, die eine abgeschwächte Variante des „*Technology Forcing*“ darstellt (vgl. Jänicke/ Lindemann 2009, S. 179 ff.).

Die Durchsetzung neuer Technologien und Erschließung neuer Märkte wird von der Regierung durch eine innovationsorientierte Ordnungspolitik unterstützt. Dazu gehören freihandelsorientierte Aktivitäten, die allgemeine Rahmenbedingungen für freie Marktprozesse schaffen. Entsprechende Maßnahmen dienen der Öffnung der Märkte und der Steigerung der Wettbewerbsintensität, wie die Verbesserung von Handelsabkommen und der Abbau von Handelshemmnissen sowie der bilateralen Anerkennung von Standards und Zertifizierungen. Unternehmen können so FuE für global vertriebene Produkte vereinheitlichen und gewinnen an Planungs- und Investitionssicherheit. Weitere, innenpolitische Maßnahmen sind der Abbau von unnötigen Transaktionskosten im administrativen Bereich, Vereinfachung des Steuersystems und von Patentprüfungsverfahren sowie die Flexibilisierung der Arbeitsmarktbedingungen und Senkung der Lohnnebenkosten (vgl. BMWi 2011, S. 19 f.; Dehio et al. 2005, S. 38 ff.; Hotz-Hart 2001; Möschel 1994).

Ein unterstützendes Instrument der Technologie- und Innovationspolitik ist die öffentliche Beschaffungspolitik. Auf die öffentliche Beschaffung entfallen rund 13 Prozent des BIP in Deutschland¹⁹, was eine enorme Nachfragemacht ist und bei entsprechender Umsetzung einen erheblichen Beitrag zur Diffusion von Innovationen beitragen kann (vgl. Jänicke/ Lindemann 2009, S. 181). Dieses politische Instrument kann besonders auch bei der Markteinführung neuer Fahrzeugtechnologien eingesetzt werden, wenn öffentliche Fahrzeugflotten gezielt erneuert werden und damit eine Basisnachfrage gesichert wird.

Ein Ziel der staatlichen Innovationspolitik, das in den letzten Jahren zunehmend verfolgt wurde, ist die Etablierung, Legitimierung und langfristige Konsolidierung vielversprechender Hightech-Felder. Begründet wird die besondere Förderung von Spitzentechnologie mit deren „Treiberwirkung“ für die wirtschaftliche Entwicklung. Im internationalen Wettbewerb sollen durch Spezialisierung auf forschungs- und wissensintensive Güter und Dienstleistungen hohe Preise sowie durch Qualitäts- und Technologievorsprünge Vorteile erzielt werden, die hohe Einkommen, Wachstum und Beschäftigung sichern können (vgl. Hirsch-Kreinsen 2008, S. 4 f.; Canzler/ Wentland/ Simon 2011, S. 2).

Die Bundesregierung verfolgt seit 2006 eine übergreifende, nationale Innovationsstrategie. Diese so genannte Hightech-Strategie des BMBF legt Schwerpunkte auf die gesellschaftlichen Bedarfsfelder

¹⁹ Angabe bezieht sich auf das Jahr 2006.

Gesundheit, Klima- und Ressourcenschutz, Mobilität und Sicherheit. Dabei geht es wesentlich auch um die Förderung der Kooperation von Wirtschaft und Wissenschaft durch Gemeinschaftsforschung, Netzwerk- und Clusterbildung sowie um die Förderung von KMU und deren Einbeziehung in Innovationsallianzen (vgl. BMBF 2009).

Kritik an der Fokussierung von Innovationspolitik auf Spitzentechnologien bezieht sich auf den unterstellten Zusammenhang zwischen technologischen Innovationen und Wirtschaftswachstum sowie auf die eingeschränkten Möglichkeiten politischer Einflussnahmen. Angesichts der differenzierten Industrie- und Wirtschaftsstrukturen in Deutschland und der wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Komplexität von Innovationsprozessen sollte Innovationspolitik überwiegend der Schaffung einer breiten Wissensbasis und der Anregung von Wissenstransfer dienen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2008).

Zur Durchsetzung neuer Ideen muss ein Netzwerk von Akteuren geformt werden, die den Innovationsprozess vorantreiben und die Ursprungsidee in eine wirtschaftliche Option transformieren. Forschungsaktivitäten und -netzwerke in neuen Technologiefeldern können durch politische Initiativen entstehen. Forschungsk Kooperationen zwischen Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Unternehmen bzw. Unternehmensverbänden stärken leistungsfähige Innovationssysteme und sollten deshalb gezielt gefördert werden. Ziel sollte u. a. eine stärkere Vernetzung der Grundlagenforschung mit der angewandten Forschung. So kann einerseits der Technologietransfer gestützt und andererseits die Diffusionsgeschwindigkeit von Innovationen beschleunigt werden (vgl. Canzler/ Wentland/ Simon 2011, S. 4 ff.; Dehio et al. 2005, S. 44).

Staatliche Programme zur Förderung von Forschung und Innovation in der Wirtschaft entstehen vermehrt in enger Abstimmung zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. So wurde bspw. zur inhaltlichen und strategischen Begleitung der Hightech-Strategie die Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft etabliert, in der 20 Vertreter aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zusammenarbeiten, die als „Promotoren“ der verschiedenen Innovationsfelder und deren Umsetzung in ihren Organisationen wirken sollen. So versucht die Bundesregierung ihre Programme eng mit dem Bedarf der wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Akteure abzustimmen (vgl. BMBF 2009). Die frühzeitige Formierung von unterstützenden Allianzen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft, die durch ein „Agendasetting“ ein Innovationsfeld in eine bestimmte Richtung vorantreiben, sichert zwar die Wirksamkeit politischer Programme, birgt aber auch die Gefahr alternative Sichtweisen und Technologiepfade auszublenden. Die beteiligten Experten kommen oftmals aus etablierten Großunternehmen und Forschungseinrichtungen, während KMU sowie Vertreter von neu gegründeten Unternehmen und Forschungseinrichtungen oder von randständigen Disziplinen nur selten an den Allianzen beteiligt sind oder vollständig fehlen. Auf diese Weise werden Paradigmen in einem Technologiefeld verfestigt, Wandel erschwert oder von vornherein ausgeschlossen (vgl. Canzler/ Wentland/ Simon 2011, S. 12).

Die Entstehung neuer Wissens- und Technologiefelder als Ausdifferenzierungen etablierter Innovationssysteme setzt die Mobilisierung von Ressourcen und die Verstetigung des Ressourceneinsatzes voraus. Monetäre Ressourcen können von der Politik einerseits direkt durch entsprechende Fördergelder bereitgestellt werden, andererseits kann von politischen Programmen eine Signalfunktion in der Wirtschaft ausgehen. Unternehmen erwarten weitere Förderungen in einem Bereich und verstärken deshalb ihre Forschungsanstrengungen in diesem Bereich, so dass durch staatliche Technologieförderung zusätzlich private Ressourcen für FuE mobilisiert werden. Allerdings besteht die Gefahr der entgegengesetzten Wirkung, wenn private durch staatliche FuE-Aufwendungen verdrängt werden. Dieser so genannte „*Crowding-Out*“-Effekt tritt allerdings vergleichsweise selten auf (vgl. Canzler/ Wentland/ Simon 2011, S. 8; Dehio et al. 2005, S. 44).

Die Innovationsoffensive der Bundesregierung wird in sozialwissenschaftlichen Diskurs allgemein begrüßt. Kritik wird allerdings an der inhaltlichen Ausrichtung der Debatte geäußert, die den Innovationsbegriff auf seine technologisch-wissenschaftliche Seite reduziert. Politische Maßnahmen sollten sich vermehrt auch auf Investitionen in Bildung und Ausbildung beziehen, da die personalen Ressourcen für Innovationsprozesse entscheidend sind. Weitere Kritik wird an der oftmals geringen Vernetzung des dezentralen und differenzierten Forschungssystems geäußert. Dabei wird nicht die Dezentralität an sich bemängelt, sondern die Verbesserung der Schnittstellen zwischen den Akteuren angemahnt. Forschungsförderung sollte die Interdisziplinarität und Flexibilisierung der Strukturen von Innovationssystemen fördern (Dehio et al. 2005, S. 38; Gerlach/ Ziegler 2005; Mayer-Krahmer 2000, S. 122 ff.).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass politische Akteure ein wichtiger Teil der Innovationssysteme sind. Sie können Innovationen durch die Finanzierung von Grundlagen- und Anwendungsforschung, die Unterstützung von Technologie- und Wissenstransfer, die Gestaltung innovationsfreundlicher Rahmenbedingungen und durch produktbezogene Regulierung fördern. Allerdings kann die Wirkung politischer Maßnahmen aufgrund der Komplexität der Innovationsprozesse nicht mit Sicherheit vorausgesagt werden. Wie andere Akteure der Innovationssysteme sind politische Akteure auf Kooperation und Komplementarität angewiesen. Aus diesem Grund werden wirtschaftliche und wissenschaftliche Interessen in der Innovationspolitik weitgehend berücksichtigt und politische Programme von Expertenkommissionen begleitet. Eine wesentliche Entwicklung innerhalb der Innovationspolitik im letzten Jahrzehnt ist die zunehmende Förderung von Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft mit dem Ziel Wissenstransfer und Innovationsprozesse zu beschleunigen. Wichtiger wird außerdem die Förderung branchenübergreifender und interdisziplinärer Kooperation, da sich Technologie- und Innovationsfelder mit zunehmender gesellschaftlicher Komplexität immer selten auf eine einzige Branche oder Wissenschaftsdisziplin beschränken.

Auch bei der Entwicklung und Verbreitung alternativer Antriebstechnologien und von Elektromobilität spielen wissenschaftliche und politische Akteure eine wichtige Rolle bei der Öffnung der Innovationssysteme und den Veränderungen der Systemstrukturen. Wissenschaftliche Einrichtungen und Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft sind wesentlich an den FuE-Aktivitäten für Elektromobilität beteiligt. Dabei ist die grenzüberschreitende Kooperation mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen und Unternehmen anderer Branchen in diesem Bereich besonders wichtig, stellen aber sowohl Wirtschaft als auch Wissenschaft vor neue Herausforderungen. Auch die Politik hat die Bedeutung der Elektromobilität für eine zukunftsfähige Mobilität sowie die Notwendigkeit interorganisationaler Zusammenarbeit in diesem Bereich erkannt und verschiedene Maßnahmen zur Förderung und Regulierung ergriffen. Hintergrund der politischen Förderung der Elektromobilität ist neben wirtschaftlichen Motiven die Notwendigkeit zur Begrenzung der für den Klimawandel verantwortlichen CO₂-Emissionen im Verkehr und die absehbare Verknappung von Rohöl als kostengünstiger Kraftstoff, die in den folgenden Kapiteln diskutiert werden.

3.2 Wandel der Innovationsdynamik: Klimawandel und Ressourcenverknappung als Treiber alternativer Antriebskonzepte

Vor dem Hintergrund zunehmender, gesellschaftlicher Herausforderungen und Probleme verursacht durch den anthropogenen Klimawandel und zu erwartende Ressourcenknappheit fossiler Rohölvorkommen stellen alternative Antriebskonzepte für Pkw einen Teil der Lösung dieser gesellschaftlichen Probleme dar. Die Automobilindustrie wird schon längere Zeit mit entsprechenden, meist politischen, teilweise durch gesetzliche Regulierungen flankierten Forderungen zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen durch den Pkw-Verkehr konfrontiert. Eine Umsetzung dieser Forderungen in entsprechenden Produktstrategien war bisher eher auf Nischenprodukte oder -märkte und Technologieträger beschränkt. Die Produktstrategien der vergangenen Jahrzehnte zielten weniger auf Verbrauchs-, Emissionsreduktion und alternative Antriebe als auf Leistungssteigerung und Produktaufwertung durch energieintensive Komfort-, Sicherheits- und Infotainment-Komponenten. Besonders die deutschen OEM von Luxus- und Premiumfahrzeugen, wie BMW, Daimler, Audi und Porsche, haben ihre Produktstrategien überwiegend auf Fahrzeuge mit leistungsstarke Verbrennungsmotoren ausgerichtet, wobei die über Jahrzehnte durch technologische Innovationen und Optimierungen hervorgebrachten Effizienzgewinne nicht zur Kraftstoff- und CO₂-Emissionsreduktion, sondern zur Leistungssteigerung genutzt wurden. Langfristig steigt aber der weltweite Bedarf an automobiler Mobilität so sehr an, dass dieser

nicht mit den aktuell verfügbaren Produkten bewältigt werden kann, ohne dass Ressourcenverknappung und Klimaschäden ein schwerwiegendes Problem werden. Weltweit versuchen Regierungen deshalb durch die gesetzliche Regulierung von Emissionsgrenzen und staatliche Förderung Impulse für neue Fahrzeugtechnologien, Effizienzsteigerungen und alternative Antriebe zu setzen.

Im folgenden Kapitel werden zunächst der anthropogene Klimawandel und der Anteil des Pkw-Verkehrs an den klimaverändernden Emissionen, das Problem der Verknappung von Rohöl und die Öl-abhängigkeit des Pkw-Verkehrs sowie abschließend verschiedene Maßnahmen und Regulierungen auf nationaler und europäischer Ebene, die zur Eindämmung des Klimawandels und der Verringerung der Ölabhängigkeit gedacht sind und auf internationalen Klimaschutzabkommen beruhen, diskutiert.

3.2.1 Anthropogener Klimawandel und der Anteil des Pkw-Verkehrs

Der Klimawandel war und ist eines der präsenten Themen in den Medien, das mit zunehmender Aufmerksamkeit und Brisanz diskutiert wird. An Rekordtemperaturen, Unwetterkatastrophen und Prognosen zur Erderwärmung hat sich eine Mediendebatte entzündet, die das Bewusstsein der Öffentlichkeit für den Klimawandel und dessen möglichen Folgen in den letzten Jahren gestärkt hat. Es gibt zwei gängige Definitionen des Begriffs Klimawandel: Der *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), die wichtigste, internationale Organisation zur Veröffentlichung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Klimawandel, definiert Klimawandel als nachweisbare, langfristig beobachtbare, klimatische Veränderungen, die durch natürliche Schwankungen oder durch menschliche Aktivitäten verursacht werden. Diese Definition unterscheidet sich von der Definition der *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), in der Klimawandel spezifisch als direkte oder indirekte Folge menschlicher Aktivitäten bezeichnet wird, welche die Zusammensetzung der Atmosphäre verändern und zusätzlich zu natürlichen Klimaschwankungen auftreten. Dass es neben natürlichen Klimaentwicklungen vom Menschen verursachte, anthropogene Klimaveränderungen gibt, wird heute im Wesentlichen anerkannt (vgl. u. a. Barthel et al. 2010, S. 12; Reckien/ Grothmann 2009, S. 11; Aigle 2008, S. 21 ff.; IPCC 2007, S. 30).

Der Klimawandel zeigt sich in einem Anstieg der durchschnittlichen Erdoberflächen- und Wassertemperaturen, dem Abschmelzen von Schnee und Eis sowie dem Anstieg des Meeresspiegels. Die zunehmende Wahrscheinlichkeit extreme Wetterphänomene, wie extreme Hitze, Starkregen und Stürme, kann auf den anthropogenen Klimawandel zurückgeführt werden. Die Erderwärmung wird durch die hohe Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre verursacht. Die Emissionen des bedeutendsten, anthropogenen Treibhausgases, CO₂, sind seit der vorindustriellen Zeit deutlich

angestiegen, wobei die CO₂-Konzentration besonders in den letzten zehn Jahren zugenommen hat. Von der zukünftigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen hängt die Entwicklung der Oberflächentemperaturen ab, aber selbst wenn diese auf dem Niveau des Jahres 2000 stabilisiert werden könnten, würden die Temperaturen und der Meeresspiegels weiter steigen. Die letzten Erkenntnisse der Klimaforschung stimmen nicht sehr positiv, denn die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre ist auch in den letzten Jahren trotz Bemühungen einiger Länder zu deren Reduktion weiter gestiegen und lag 2010 knapp 40 Prozent über dem vorindustriellen Niveau. Nach Einschätzung der Internationalen Energie Agentur (IEA) ist die Wahrscheinlichkeit die Erderwärmung auf zwei Grad zu begrenzen weiter gesunken (vgl. u. a. IPCC 2012, S. 164, 2007, S. 36 ff.; IEA 2011b; Reckien/ Grothmann 2009, S. 14 ff.).

Gründe für die Zunahme der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre sind die Nutzung fossiler Brennstoffe und die Veränderungen in der Landnutzung, obwohl letzterer ein wesentlich geringeren Anteil haben. CO₂-Emissionen werden in den Bereichen Energieversorgung, Industrie, Forstwirtschaft inklusive Abholzungen, Landwirtschaft, Transport, privat und kommerziell genutzte Gebäude sowie Abfälle und Abwässer erzeugt. Der Zuwachs an CO₂-Emissionen seit dem Jahr 1970 wurde überwiegend durch Energieversorgung, Transport und Industrie verursacht. Dabei wird rund die Hälfte der Treibhausgasemissionen von 20 Prozent der Weltbevölkerung verursacht, die in den USA, Kanada, Japan, Australien, Neuseeland, Europa und Russland leben. Die Folgen des Klimawandels sind nicht auf ökologische Systeme begrenzt, auch Wirtschaftssysteme werden von klimatischen Veränderungen beeinflusst, wobei die Prognosen in diesem Zusammenhang weit auseinander gehen (vgl. IPCC 2007, S. 36 ff.).

CO₂-Emissionen entstehen bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen (C_xH_x). Weltweit hat der Transportsektor einen Anteil an den Treibhausgasemissionen von 22 Prozent, wesentlich verursacht durch den Straßenverkehr. Die weltweiten Emissionen im Verkehrssektor haben in den letzten Jahrzehnten stärker zugenommen als in anderen Sektoren und werden auch zukünftig weiter steigen. Um den Klimawandel auf dem heutigen Niveau zu halten, müssten diese aber drastisch reduziert werden (vgl. IEA 2012, S. 9; IPCC 2007, S. 36 ff.). Die Höhe der CO₂-Emissionen eines Fahrzeugs hängen linear mit dessen Kraftstoffverbrauch zusammen. Bei der Verbrennung von einem Liter Benzin entstehen 23,8 Gramm (g) CO₂ und bei einem Liter Diesel 26,5 g CO₂ (vgl. VDA 2008, S. 26). Der Verkehrssektor der USA ist der größte Einzelverursacher von CO₂-Emissionen. Der Anteil der BRIC-Staaten ist in den vergangenen Jahren am schnellsten gestiegen. In Deutschland entfallen 21 Prozent der CO₂-Emissionen auf den Verkehrssektor. Davon werden 19 Prozent durch den Straßenverkehr insgesamt und zwölf Prozent alleine durch den Pkw-Verkehr verursacht. Seit 1990 wurde in Deutschland insgesamt ein Rückgang der CO₂-Emissionen um 15 Prozent erreicht, allerdings stieg der durch den Verkehr verursachte CO₂-Ausstoß im gleichen Zeitraum um fünf Prozent, wovon mehr als zwei Drittel vom

Personenverkehr verursacht wurden. Seit einigen Jahren stagniert der durch den deutschen Straßenverkehr verursachte CO₂-Ausstoß auf hohem Niveau (vgl. Barthel et al. 2010, S. 13; DAT 2008, S. 2; Aigle/ Marz 2007, S. 16).

Als Ursachen für den Anstieg der Emissionen in den 1990er Jahren nennt der VDA das nach der Wiedervereinigung deutlich gestiegene Güterverkehrsaufkommen, der rapide Anstieg der Pkw-Zulassungen in den neuen Bundesländern um 42 Prozent und des Nutzfahrzeugbestands um 70 Prozent sowie das Anwachsen der Fahrleistung um 37 Prozent, im motorisierten Individualverkehr (MIV) sogar um 44 Prozent. Seit dem Jahr 1999 konnten die verkehrsbedingten Emissionen wieder reduziert werden, was auf Verbrauchsreduktionen bei neuen Fahrzeugen und eine deutliche Effizienzsteigerung der organisatorischen Abläufe des Straßengüterverkehrs zurückgeführt werden kann. Auch der steigende Anteil an Dieselfahrzeugen hat zu der bisher erreichte Minderung von CO₂-Emissionen beigetragen (vgl. VDA 2011, S. 4; Destatis 2006, S. 58f.).

3.2.2 Ressourcenverknappung und die Ölabhängigkeit des Pkw-Verkehrs

Die Bedeutung des fossilen Energieträgers Öl für die Wirtschaft und besonders den Transportsektor ist enorm. Fast alle Wirtschaftssektoren von der Agrarwirtschaft über den Produktionssektor bis hin zum Dienstleistungssektor sind auf Ölprodukte angewiesen. Mineralöl ist der fossile Brennstoff zur Energiegewinnung mit der höchsten nutzbaren Energiedichte, so dass Öl kosteneffizienter genutzt werden kann als anderer Rohstoffe wie Erdgas und Kohle. Erdöl verbrennt sauberer als Kohle, ist leichter zu transportieren als Erdgas und benötigt als Antriebsenergie weniger Platz als andere Brennstoffe. Historisch gesehen erlangte Öl erst nach dem zweiten Weltkrieg essentielle Bedeutung für westliche Volkswirtschaften und löst innerhalb weniger Jahre Kohle als wichtigsten Rohstoff ab. Ein wesentlicher Grund für die rasche Ausbreitung der Ölnutzung war der rasante Ausbau des privaten und kommerziellen Transportsektors, besonders die zunehmende Motorisierung aller Bevölkerungsschichten. Heute ist Öl einer der wichtigsten Rohstoffe zur Gewinnung von Wärme, dient als Antriebsenergie für Transportmittel und ist außerdem Grundlage zahlloser moderner Produkte der chemischen Industrie (vgl. Aigle 2008, S. 2 f., 17; Schad 2006, S. 7 f., 14 f., 54 ff.).

Obwohl das Problem der Endlichkeit fossiler Rohstoffe gemeinhin bekannt ist, haben erst die starken Schwankungen der Ölpreise in den letzten Jahren ernsthafte Bedenken über deren wirtschaftlichen Auswirkungen hervorgebracht. Der vorübergehend starke Anstieg der Ölpreise wurde unter anderem durch Schwankungen in den Angebot und Förderausfällen verursacht. Innere Unruhen und geopolitische Spannungen in den Öl-produzierenden Ländern behindern immer wieder die dortige Ölproduktion. Hinzu kommen technische Problem bei der Ölförderung und in Raffinerien, Ausfälle

durch Unwetterkatastrophen und Auseinandersetzungen zwischen Russland und seinen Nachbarländern um Öl- und Gaspreise sowie Transitgebühren. Gleichzeitig steigt die Ölnachfrage rasant an, aber eine Ausweitung der Ölproduktion findet nicht im selben Umfang statt. Während Angebot und Nachfrage langfristig die Ölpreisentwicklung bestimmen, sind Spekulationen die wichtigste Determinante kurzfristiger Preisbildung. Spekulativ bedingte Verzerrungen machen die Prognosen der Ölpreisentwicklung wenig zuverlässig (vgl. Diez/ Kohler 2010, S. 15; IEA 2007, S. 75; Schad 2006, S. 15, 36 f.).

Die stark wachsende Nachfrage ist eine der treibenden Kräfte der derzeitigen Veränderungen auf dem Rohölmarkt. Der „Energiehunger“ der Welt nimmt zu: Industrialisierung, Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum erfassen zunehmend den gesamten Globus, besonders die schnell wachsenden Länder China und Indien, lassen die Ölnachfrage unaufhaltsam steigen. Alleine in China hat sich der Ölbedarf in den letzten zehn Jahren verdoppelt. Der Weltrohölverbrauch wird nach Schätzungen der IEA bis 2030 um jährlich bis zu zwei Prozent steigen. Der steigende Ölkonsum ist überwiegend dem weltweiten Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum geschuldet. Der Großteil des Bevölkerungswachstums geht von Entwicklungs- und Schwellenländern aus. Die Weltwirtschaft ist besonders in den letzten Jahrzehnten stark gewachsen. Die Ölintensität der Volkswirtschaften, der Grad, in dem die Wirtschaft eines Landes von Rohöl und Rohölprodukten abhängt, ist besonders in den Schwellenländern hoch. Während die westlichen Industrienationen sich seit den Ölkrisen der 1970er Jahre bemühen durch den vermehrten Einsatz alternativer und erneuerbarer Energien die Ölintensität ihrer Volkswirtschaften zu senken, nimmt diese in den Entwicklungsländern weiter zu (vgl. IEA 2011a; 2007, S. 59 ff.; Aigle 2008, S. 1 f, 16 f.; Aigle/ Marz 2007, S. 11).

Die Endlichkeit der weltweiten, fossilen Ölreserven wird früher oder später zu Versorgungsengpässen führen. An dem Punkt, an dem die weltweite Ölförderung ihr Maximum erreicht, am so genannte „Oilpeak“, wird sich der Ölmarkt grundlegend ändern und das bisherige Massengut Öl wird zu einem knappen Luxusgut werden. Der Zeithorizont für einen solchen Oilpeak wird in den meisten Prognosen zwischen dem Jahr 2005 und dem Jahr 2025 angegeben. Dass der Oilpeak bisher noch nicht erreicht wurde, liegt unter anderem daran, dass ständig neue Ölvorkommen entdeckt werden und durch technische Maßnahmen die Förderkapazitäten der erschlossenen Lagerstätten erhöht werden. Doch aufgrund der rasant steigenden Nachfrage drängt sich die Frage auf, in welchem Umfang und zu welchen Kosten die Ölindustrie in der Lage ist, neue Ölfelder zu erschließen und ihre Förderkapazitäten auszuweiten. Diese Frage stellt sich insbesondere im Bezug auf die Mitgliedsländer der OPEC²⁰, die über 40 Prozent der weltweiten Erdölproduktion kontrolliert und über circa 80 Prozent der weltweiten Erdölreserven verfügen. Ob diese Länder, die häufig von politischen und ökonomischen Instabilitäten geprägt sind, die Förderkapazitäten im erforderlichen Maß steigern

²⁰ Organization of the Petroleum Exporting Countries

können, muss bezweifelt werden. Während die Frage, wann der Oilpeak erreicht sein wird, nicht eindeutig beantwortet werden kann, ist unumstritten, dass die Preise für Öl in den nächsten Jahren und Jahrzehnten weiter vermehrten Schwankungen unterliegen werden. Grund ist einerseits der weltweit steigende Verbrauch, andererseits die steigenden Explorations- und Förderkosten. Seit Beginn dieses Jahrhunderts sind die Kosten für die Erschließung schwer zugänglicher Ölfelder kontinuierlich gestiegen. Ölkatastrophen, wie die Havarie der Förderplattform „*Deepwater Horizon*“ im Golf von Mexiko, werden durch erschwerte Zugänglichkeit wahrscheinlicher und beschleunigen nicht nur die ökologischen, sondern auch die ökonomischen Kosten der Ölförderung, etwa durch erhöhte Sicherheitsauflagen. So ist nicht das baldige Versiegen der Ölquellen das zu befürchtende Szenario, sondern die zu erwartenden, massiven Preisschwankungen, die besonders vor dem Hintergrund der hohen Ölabhängigkeit der Wirtschaft und des Verkehrs eine volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Bedrohung darstellen (vgl. OPEC 2011; Diez/ Kohler 2010, S. 14 f.; Aigle 2008, S. 17 f.; Aigle/ Marz 2007, S. 10 f.).

Die Ölnachfrage reagiert immer weniger sensibel auf Preisveränderungen, denn der Anteil des Bedarf des Transportwesens, das preisunelastischer ist als andere Energiesparten, am Ölverbrauch steigt weltweit. Die geringe Nachfrageelastizität resultiert aus dem Umstand, dass keine nahen Substitute zu Erdöl existieren. Beinahe das gesamte, weltweite Transportwesen beruht auf der Verbrennung von Mineralölderivaten und so ist die Weltwirtschaft vorläufig auf Mineralöl zwingend angewiesen (vgl. IEA 2007, S. 182; Campbell et al. 2003, S. 87).

Der Transportsektor ist weltweit der größte Treiber für den steigenden Ölverbrauch, denn Öl-basierte Kraftstoffe dominieren den Straßenverkehr mit einem Anteil von circa 94 Prozent. Auch im Transportsektor ist einer der wesentlichen Treiber für den Ölverbrauch der Wirtschaftswachstum der Schwellen- und Entwicklungsländer, der zu einer rasch voranschreitenden Motorisierung der wachsenden Bevölkerung führt. In Deutschland entfallen auf den Verkehr 29 Prozent des Endenergieverbrauchs, davon 83 Prozent auf den Straßenverkehr. Allerdings ist der Endenergieverbrauch im Verkehrssektor, vor allem im Straßenverkehr, seit Ende der 1990er Jahre zurückgegangen, obwohl die Fahrleistung weiter zugenommen hat. Der Rückgang des Energieverbrauchs im Straßenverkehr ist überwiegend auf den verstärkten Einsatz von effizienteren Fahrzeugen zurückzuführen (vgl. Diez/ Kohler 2010, S. 14; Aigle 2008, S. 17; IEA 2007, S.80, 182; Destatis 2006, S. 56 f).

Mit jeder Ölpreissteigerung steigen auch die Kraftstoffpreise an den Tankstellen und damit auch die Sensibilität der Autofahrer für den Kraftstoffverbrauch ihrer Fahrzeuge, denn die Mobilitätskosten steigen mit jeder Erhöhung der Kraftstoffpreise gegenüber den Lebenshaltungskosten überproportional stark an. Die Kosten der Automobilanschaffung und -nutzung sind in den letzten zehn Jahren um über 20 Prozent gestiegen, während die Verbraucherpreise im gleichen Zeitraum um über 15 Prozent gestiegen sind. Die meisten Menschen haben ihr alltägliches Verkehrsverhalten so

eingrichtet, dass sie auf die Nutzung eines privaten Pkw angewiesen sind. Sie reagieren auf steigende Preise, indem sie die Anschaffung eines Neuwagens aufschieben. Ohne die Effekte der Abwrackprämie in 2009 gehen die Neuwagenkäufe in Deutschland seit 1999 tendenziell zurück. Außerdem werden zunehmend Klein- und Kompaktwagen angeschafft, deren Anteil 2009 bei über 30 Prozent lag (vgl. Diez/ Kohler 2010, S. 15).

Zunehmende Kosten für die Pkw-Nutzung und zunehmende Urbanisierung, durch die sich mehr Möglichkeiten zu alternativer Mobilität bieten, führen zu Veränderungen im Mobilitätsverhalten. In Deutschland sind es vor allem die jungen Menschen, die in Städten leben, die sich den Verzicht auf einen eigenen Pkw immer häufiger vorstellen können. Der wichtigste Grund sind überwiegend wirtschaftliche Aspekte. Gleichzeitig gewinnen alternative Mobilitätskonzepte wie Carsharing und die intermodale Kombination verschiedener Verkehrsmittel an Bedeutung. Obwohl die Nutzungszahlen im Vergleich zum privaten Pkw sehr gering sind, nimmt die Zahl der Mitglieder von klassischen sowie neuen, flexibleren Carsharing-Angeboten in den letzten Jahren deutlich zu (vgl. Barthel et al. 2010, S. 14 f.; Diez/ Kohler 2010, S. 16 f.).

3.2.3 Politische Maßnahmen zur CO₂-Reduktion und Verringerung der Ölabhängigkeit

Um die Folgen des Klimawandels und der Ressourcenverknappung einzudämmen, sind auf internationaler und nationaler Ebene Ziele zur Senkung der CO₂-Emissionen sowie weitere Maßnahmen und Programme beschlossen worden. Die United Nations (UN) und ihre Mitglieder einigten sich erstmals in Rio de Janeiro im Jahr 1992 auf die Reduktion von Treibhausgasemissionen. Die EU und Deutschland wollen in der Klimapolitik eine Vorreiterrolle einnehmen. Um die Vereinbarungen des Kyoto-Protokolls von 1997 und die damit verbundenen CO₂-Reduktionsziele zu erreichen, beschloss die Europäische Kommission (EK) die Reduktion des CO₂-Ausstoßes neuer Pkw auf 120 Gramm pro Kilometer (g/km). Im Rahmen des 1998 beschlossenen „burden sharing“ verständigten sich die EU-Staaten auf eine interne Lastenteilung, nach der Deutschland 21 Prozent zur Minderung der Treibhausgase bis 2012 beitragen soll. Bis zum Jahr 2020 sollen die Treibhausgasemissionen um mindestens 20 Prozent unter den Wert von 1990 gesenkt werden („20-20-20“). Darüber hinaus untersucht die EK neue Wege zur Senkung der Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 Prozent bis 2050 („Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050“). Zwar endete der Verpflichtungszeitraum des Kyoto-Protokolls 2012 und auf den folgenden, internationalen Klimagipfeln konnten zunächst keine weiteren, verbindliche Beschlüsse hinsichtlich Maßnahmen zur Begrenzung des Klimawandels vereinbart werden, doch bleibt der politische Wille

zur Reduktion von CO₂-Emissionen in vielen Ländern erhalten (vgl. Europa 2012; Barthel et al. 2010, S. 12 f.; Diez/ Kohler 2010, S. 18; Aigle 2008, S. 25 ff.)²¹.

Um Klimaschutzziele zu erreichen, wurde auf EU-Ebene einer Obergrenze für Herstellerflotten von durchschnittlich 130 g/km CO₂-Emissionen für neu zugelassene Pkw bis spätestens 2015 beschlossen. Die Bundesregierung setzte sich dabei sowohl für eine quotenmäßige Staffelung von 65 Prozent der Neuwagenflotte im Jahr 2012 bis 100 Prozent im Jahr 2015 als auch für eine Berücksichtigung des Fahrzeuggewichts ein. Damit wurde vor allem den Forderungen der deutschen Automobilindustrie nach einer Übergangsfrist nachgekommen. Um das Emissionsziel von 120 g/km im Jahr 2015 zu erreichen, sollen zusätzliche zehn Prozent durch den Biokraftstoffe und ergänzende Maßnahmen, wie Schaltpunkt- und Reifendruckanzeigen, effiziente Klimaanlage und Leichtlaufreifen, erreicht werden. Fahrzeuge mit Emissionswerten unter 50 g/km erhalten so genannte „*Super Credits*“ und können mit einer Mehrfachwertung in die Berechnung des Flottenverbrauchs eingebracht werden. Auch die Mehrfachanrechnung ist gestaffelt von 3,5-mal in 2012 und 2013 bis 1,5-mal in 2015. Ab 2016 zählen auch diese Fahrzeuge einfach. Obwohl sich die EU-Mitgliedsstaaten zunächst auf eine weitere Absenkung des Grenzwerts auf 95 g/km bis 2020 geeinigt hatten, stimmte die deutsche Bundesregierung im Juni 2013 gegen eine Verschärfung der Grenzwerte und setzt sich erneut für einen Aufschub ein, um den Herstellern mehr Zeit zu geben. Insgesamt erweist sich die Politik der Bundesregierung in Bezug auf eine Grenzwertregulierung als sehr zögerlich und protektiv gegenüber der deutschen Automobilindustrie (vgl. BMU o. J.; FAZ 2013a; Canzler/ Wentland/ Simon 2011, S. 5; Barthel et al. 2010, S. 14; Diez/ Kohler 2010, S. 18 f.).

Neben der EU-Richtlinie zur Reduktion von CO₂-Emissionen gibt es weitere Regulierungen auf EU-Ebene wie die EU-Schadstoffrichtlinie, die eine Reduktion der Stickoxid- und Partikelemissionen ab 2014 nach der Abgasnorm EURO 6 vorsieht. Auf nationaler Ebene haben verschiedene Länder Steueranreize und Kaufhilfen für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben eingeführt wie bspw. das Bonus-Malus-System in Frankreich, das den Kauf von Neuwagen mit geringem CO₂-Ausstoß finanziell begünstigt. In Deutschland wurde von 1999 bis 2003 schrittweise eine zusätzliche Steuer von je 15 Cent pro Liter auf Benzin- und Dieselmotoren eingeführt. Die EURO-Abgasnorm hat einen direkten Einfluss auf die Höhe der Kfz-Steuer. Dadurch sollen Anreize zur Neubeschaffung und Nachrüstung von Fahrzeugen gesetzt werden. Ansonsten berechnet sich die Kfz-Steuer nach Hubraum, wodurch vor allem kleinere Pkw mit Ottomotor begünstigt sind. 2009 wurde eine CO₂-Komponente in die Kfz-Steuer aufgenommen, die zwei Euro pro Gramm CO₂-Emissionen je Kilometer über 120 g/km beträgt.

²¹ Im Dezember 2015 wurde beim UN-Klimagipfel in Paris wieder verbindliche Klimaziele aller Mitgliedsstaaten vereinbart. Demnach soll die globale Klimaerwärmung auf maximal 1,5 Grad Celsius (C) begrenzt werden. Die Länder verpflichten sich dazu, ihre nationalen Klimaschutzziele alle fünf Jahre zu prüfen, sich gegenseitig und die Öffentlichkeit über die Fortschritte bei der Erreichung ihrer Ziele zu informieren. Für die Unterstützung der Entwicklungsländer sollen bis 2025 pro Jahr 100 Mrd. US-Dollar von der EU und anderen, entwickelten Ländern bereitgestellt werden (vgl. EK 2015; UN 2015).

Gleichzeitig wurde allerdings die bestehende Hubraumkomponente abgesenkt, so dass zwar verbrauchsarme Fahrzeuge begünstigt, Fahrzeuge mit höherem Verbrauch aber nicht zusätzlich belastet werden. Auf lokaler Ebene reichen Maßnahmen zur CO₂-Reduktion von City-Mautgebühren bis hin zu partiellen Nutzungsbeschränkungen einzelner Fahrzeugkategorien. Auch auf lokaler Ebene erweist sich die deutsche Klimaschutzpolitik als eher zögerlich. Eine City-Maut gibt es in Deutschland bisher nicht und die in vielen Städten eingerichteten Umweltzonen beziehen sich lediglich auf die Feinstaubbelastung und zeigen bisher wenig Wirkung (vgl. Barthel et al. 2010, S. 14; Diez/ Kohler 2010, S. 19 f.; Aigle 2008, S. 33 ff.)

Die zögerliche Haltung der deutschen Regierung bei der Regulierung hängt mit der hohen wirtschaftlichen Bedeutung der deutschen Automobilindustrie und der strategischen Ausrichtung der Premiumhersteller Audi, BMW, Mercedes, Porsche sowie zunehmend auch VW auf hochpreisige, leistungsstarke Fahrzeuge zusammen. Befürchtet wird ein Wettbewerbsnachteil der deutschen OEM gegenüber der internationalen Konkurrenz, die tendenziell kleinere, niedriger motorisierte Fahrzeuge anbietet. Bisher sind Antriebsstrategien der deutschen OEM eher konservativ ausgerichtet. Betont werden wiederholt die Verbesserungspotentiale von Verbrennungsmotoren im Hinblick auf die Verbrauchs- und Emissionsreduktion. Alternative Antriebe werden nur langsam in der strategischen Ausrichtung berücksichtigt. Impulse für effiziente, klimafreundliche Fahrzeuge gehen allerdings von wirtschaftlichen Prognosen, die einen steigenden Marktanteil für alternative Fahrzeuge voraussagen, sowie von Kundenwünschen, die angesichts steigender Kraftstoffpreise und Umweltbewusstsein zunehmend auf die Effizienz von Fahrzeugen achten, aus. Problematisch sind unter dem Gesichtspunkt der eher kleiner werdenden, privaten und betrieblichen Budgets für Mobilität die durch neue Technologien entstehenden Mehrkosten der Produkte. Alternative Fahrzeuge werden sich nur dann durchsetzen können, wenn sie keine oder nur geringe Mehrkosten in der Anschaffung verursachen oder deutlich geringere Betriebskosten die Mehrkosten der Anschaffung ausgleichen. So werden die Unternehmen die entstehenden Investitionskosten nicht oder nur im geringen Maße an die Kunden weitergeben können (vgl. Diez/ Kohler 2010, S. 21; VDA 2010, 2009a, b).

Zur Steigerung der Klima- und Umweltverträglichkeit sowie zur Reduktion der Ölabhängigkeit des Pkw-Verkehrs wird seit einigen Jahren verstärkt die Markteinführung neuer Antriebssysteme z. B. von Elektrofahrzeugen vorangetrieben. Damit Fahrzeuge mit alternativen Antrieben von den Automobilmessen und Nischenmärkten auf den Massenmarkt gelangen, wurden in den letzten Jahren verschiedene, politische Förderprogramme geschaffen. Auf internationaler Ebene wurde damit auch der weltweite Wettlauf um die Technologieführerschaft und Leitmarktfunktion für neue Antriebskonzepte wie Elektromobilität eröffnet (vgl. Diez/ Kohler 2010, S. 20; Aigle 2008, S. 31).

In Deutschland beschloss die Bundesregierung 2009 den „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ mit dem Ziel Deutschland zum Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität zu machen.

Aus dem Konjunkturpaket II wurden von 2009 bis 2011 zunächst 500 Mio. Euro für dieses Ziel zur Verfügung gestellt. Die Bundesregierung fokussiert ihre Förderung auf FuE, vor allem im den Bereichen Batterietechnologie, Elektrofahrzeuge sowie Ladeinfrastruktur und Netzintegration. Um regional Infrastrukturen für den Einsatz von Elektrofahrzeugen aufzubauen und Fahrzeugen, Infrastrukturen und Kundenakzeptanz zu testen, wurden Modellregionen für Elektromobilität eingerichtet, die unter der Leitung des BMVBS, dem heutigen BMVI, gefördert werden. Weitere Förderungen kommen vom BMWi, vor allem für die Entwicklung von Antriebstechnologien, vom BMBF, vor allem für die Batterieforschung und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)²², vor allem für Flottentests. Zusätzlich wurden auf Landesebene Agenturen für Elektromobilität gegründet, welche die Aktivitäten in diesem Bereich koordinieren und unterstützen sollen. Während Elektromobilität eine deutliche Reduktion der Ölabhängigkeit bedeutet, ist die Umweltwirkung von Elektrofahrzeugen umstritten. Denn Elektroautos sind nur in Kombination mit Strom aus regenerativen Energien klimafreundlicher als Autos mit Verbrennungsmotoren. Ein weiteres Problem stellt die Verfügbarkeit von Rohstoffen für leistungsfähige Energiespeicher dar. Im internationalen Vergleich fallen die Fördermittel der Bundesregierung für Elektromobilität eher gering aus, vor allem im Vergleich zur deutlich höheren Förderung in den USA (vgl. BEM 2011, S. 92 f.; BMVBS 2011a; Hildermeier/ Villareal 2011; Barthel et al. 2010, S. 15; Diez/ Kohler 2010, S. 20).

Als eines der ersten Förderprogramme für Elektromobilität entstanden die „Modellregionen für Elektromobilität“. Die Projekte der Modellregionen sollen verschiedene, regionale Akteure, vor allem aber auch aus unterschiedlichen Branchen wie Automobilindustrie, Energiewirtschaft und Verkehrsbetriebe zusammenbringen. In einer ersten Phase von 2009 bis 2011 wurden in acht Regionen in Deutschland²³ über 70 Projekten von insgesamt über 200 Partnern gefördert. Die Förderung der Modellregionen wurde ab 2012 in einer zweiten Förderphase bis 2016 fortgeführt. Die längere Programmlaufzeit der zweiten Phase ist der Erkenntnis geschuldet, dass die Entwicklung und Verbreitung von Elektromobilität eine langfristige Aufgabe ist, die auf mehr als eine zweijährige Anschubfinanzierung angewiesen ist. In der zweiten Phase wurden weitere, eher ländliche Regionen sowie internationale Projekte in die Förderung eingeschlossen. Aus den Modellregionen heraus wurden sogenannte „Schaufenster für Elektromobilität“ entwickelt. Das Schaufenster-Programm bündelt die regionalen Aktivitäten stärker als das Programm der Modellregionen. Diese sind zwar durch übergeordnete, thematische Plattformen miteinander verbunden, die den Wissenstransfer zwischen den Modellregionen fördern, die Schaufenster sollen aber eine stärkere Fokussierung der Zusammenarbeit ermöglichen. Der Ansatz der Modellregionen berücksichtigt die regionalen Gegebenheiten und Akteure, welche die Entwicklung von Elektromobilität beeinflussen, die Wirkung

²² Seit Ende 2013 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

²³ Berlin/ Potsdam, Bremen/ Oldenburg, Hamburg, München, Rhein-Main, Rhein-Ruhr, Sachsen, Stuttgart

des Programms bleibt aber zunächst auf diese Regionen beschränkt. Die vier Schaufenster-Regionen umfassen die wichtigsten Automobilregionen Deutschlands wie die Großräume Stuttgart-Karlsruhe und Hannover-Braunschweig-Wolfsburg-Göttingen, in denen wichtige Unternehmen wie VW, Porsche, Daimler und Bosch sowie große, wissenschaftliche Einrichtungen ansässig sind. Die Schaufensterregion Bayern/ Sachsen ist wesentlich auf die Entwicklungsstandorte München und Leipzig von BMW zugeschnitten. Der Hauptstadtregion Berlin/ Brandenburg kommt eine besondere, politische und öffentliche Aufmerksamkeit zu. Die Auswahl der Schaufenster ist somit wenig überraschend. Mit dem Schaufenster-Programm wird versucht die großen Akteure der Automobilindustrie stärker in die Entwicklung der Elektromobilität zu involvieren. Die Schaufenster werden über drei Jahre mit 180 Mio. Euro gefördert (vgl. BMVBS 2013, 2011a, b).

Im Frühjahr 2010 wurde die „Nationale Plattform Elektromobilität“ (NPE) aus Vertretern von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik gegründet, um die Markteinführung von Elektroautos voranzutreiben. Die NPE besteht aus sieben Arbeitsgemeinschaften²⁴, die thematisch verschiedene Fragestellungen diskutieren, Lösungsansätze konzipiert und Empfehlungen an die Bundesregierung geben. Ziele sind die Etablierung eines Unterstützernetzwerkes aus den wichtigsten Branchen und Wissenschaftsdisziplinen sowie eine gezielte Förderung der Elektromobilität. Wesentliche Empfehlungen der NPE, die von der Bundesregierung umgesetzt wurden, waren die Schwerpunktsetzung auf die Förderung von FuE sowie die Einrichtung der vier Schaufenster Elektromobilität und von sechs FuE-Leuchttürmen. Die FuE-Leuchttürme konzentrieren die Förderung auf die Bereiche Batterie, Antriebstechnologie, Fahrzeugintegration, Leichtbau, Recycling sowie IKT und Infrastruktur. Insgesamt werden 82 Gemeinschaftsprojekte, die überwiegend in den drei Bereichen Batterie, Antriebstechnologie sowie IKT und Infrastruktur angesiedelt sind, gefördert. Für das weitere Vorgehen empfahl die NPE die Förderung der FuE-Projekte zu verstetigen, in Weiterbildung und Qualifizierung von Fachpersonal zu investieren sowie die nationale und internationale Normierung und Standardisierung voranzutreiben. Die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen sollte außerdem durch öffentliche Beschaffungsprogramme gestärkt werden (vgl. NPE 2012; Die Bundesregierung 2011).

Der Infrastrukturausbau für Elektromobilität stellt ein besonders Problemfeld dar. Das BMVBS mahnte bereits 2011 einen bedarfsabhängigen und -gerechten Aufbau von Ladeinfrastruktur an. Im Rahmen von Förderprojekten wird der konkrete Bedarf über die Projektlaufzeit hinaus oftmals wenig berücksichtigt, so dass während einer Förderphase die Gefahr eines eher unkoordinierten Infrastrukturausbaus besteht. Damit ist eines der wesentlichen Probleme bei der Diffusion von Elektromobilität angesprochen. Während die Automobilindustrie die Verfügbarkeit einer zumindest

²⁴ AG 1 - Antriebstechnologie und Fahrzeugintegration, AG 2 – Batterietechnologie, AG 3 – Lade-Infrastruktur und Netzintegration, AG 4 – Normung, Standardisierung und Zertifizierung, AG 5 – Materialien und Recycling, AG 6 – Ausbildung und Qualifizierung, AG 7 – Rahmenbedingungen (vgl. Forum ElektroMobilität 2013).

halbwegs flächendeckenden Versorgungsinfrastruktur als eine wesentliche Voraussetzung für die Markteinführung von Elektrofahrzeugen ansieht, geht der Infrastrukturausbau solange nur langsam voran, wie es nur wenige Fahrzeuge gibt, die diese Infrastruktur nutzen. Eine wesentliche, politische Herausforderung ist die Finanzierung der Infrastruktur, die aufgrund begrenzter Hausmittel nicht ausschließlich durch öffentliche Mittel gelingen kann. Die Politik ist darauf angewiesen belastbare Allianzen zwischen Automobilindustrie, Energiewirtschaft und anderen Ladeinfrastrukturbetreibern herzustellen, die den Infrastrukturaufbau mit eigenen, finanziellen Ressourcen vorantreiben (vgl. BMVBS 2011b, S. 32).

Zusammenfassend kann man festhalten, dass Elektromobilität als Beitrag zur Lösung der gesellschaftlichen Probleme des Klimawandels und der Ölabhängigkeit gesehen werden kann, sofern sie mit regenerativen Energien kombiniert wird. Die Furcht vor einem absehbaren Ende günstigen, fossilen Öls bei gleichzeitiger, dramatischer Steigerung der Benzin- und Dieselnachfrage in den aufstrebenden Schwellenländern Asiens, Südamerika und Russlands steigert die Attraktivität alternativer Fahrzeugkonzepte ebenso, wie die Vision eines nachhaltigen Energiepfades beruhend auf intelligenten Stromnetzen (*smart grids*) und regenerativen Energien sowie das wachsende Interesse an der Aufwertung urbaner Lebensräume durch die Vermeidung Lärm und Abgasen (vgl. Canzler/Wentland/ Simon 2011, S. 15).

3.3 Die Einführung von Elektromobilität

In diesem Kapitel wird zunächst der Wandel hin zur Elektromobilität betrachtet. Es werden verschiedene Varianten der Diversifizierung des Antriebssystems des Automobils dargestellt, wobei der Fokus auf der Elektrifizierung des Antriebssystems liegt. Dabei werden die Strategien der deutschen OEM mit den Strategien der internationalen Wettbewerber verglichen (siehe Kap. 3.3.1). Um das Thema Elektromobilität hat sich in den Jahren 2011 bis 2012 ein regelrechter Hype entwickelt. Zeitweise recht optimistische Szenarien eines schnellen Durchbruchs der Elektromobilität sind inzwischen aber realistischeren Marktprognosen gewichen, die berücksichtigen, dass mit der Elektromobilität radikale Veränderungen der Technologie, der Infrastruktur, der Branche und des Mobilitätsverhaltens verbunden sind, so dass ein gradueller Wandel deutlich wahrscheinlicher ist als ein schnell verlaufender Umbruch. Der Hype der Elektromobilität, der bezeichnenderweise überwiegend von Akteuren außerhalb der Automobilbranche wie dem Elektrosporthwagenhersteller und Start-up-Unternehmen Tesla Motors ausgelöst wurde, und die Reaktionen der deutschen OEM

ist Thema von Kapitel 3.3.2. Abschließend wird in Kapitel 3.3.3 der Status quo der Elektromobilität in Deutschland übersichtsartig zusammengefasst.

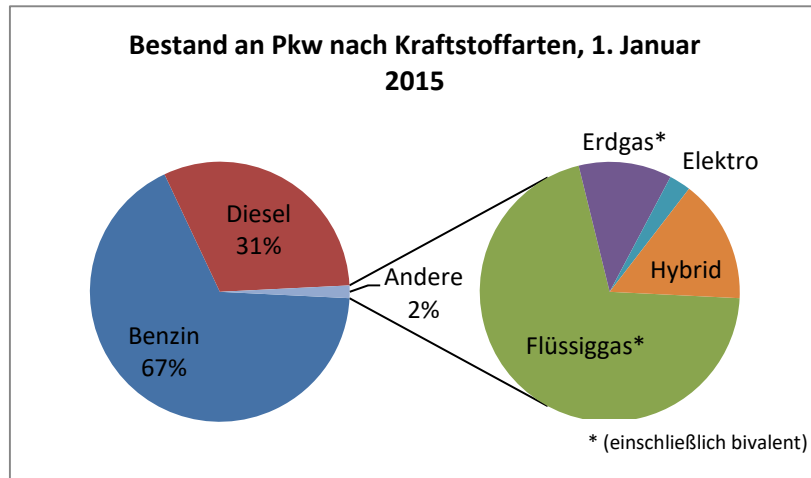
3.3.1 Diversifizierungen und Elektrifizierung des automobilen Antriebssystems

Die weltweit wichtigste Antriebstechnologie des Automobils ist der Verbrennungsmotor betrieben mit Benzin- oder Dieseldieselkraftstoffen, in Europa verstärkt auch mit Dieseldieselkraftstoffen. Die Idee, alternative Antriebe könnten den Verbrennungsmotor als dominante Technologie im Auto ablösen, ist nicht neu, und wurde bereits mehrmals in der Geschichte des Automobils angekündigt. DaimlerChrysler setzte bspw. im Jahr 2000 große Hoffnungen in die Einführung von Brennstoffzellenantrieben und kündigte erste Serien-Pkws für das Jahr 2004 an. Die serienmäßige Einführung von Brennstoffzellenfahrzeugen ist bis heute deutlich langsamer als erwartet vorangekommen. Daimler musste seine Pläne zur Serieneinführung entsprechender Pkw immer wieder verschieben (vgl. Barthel et al. 2010, S. 24; Jürgens/ Meißner 2005, S. 207).

Bei den Hybrid- und Elektrofahrzeugen bot sich Jahrzehnte lang ein ähnliches Bild. Immer wieder wurden seit den Ölkrisen der 1970er Jahre Versuche unternommen, diese als konkurrenzfähige Alternative auf dem Massenmarkt zu etablieren, die bis in die 1990er Jahre alle scheiterten (vgl. Midler/ Beaume 2010, S. 142). Dennoch gelang es schließlich Toyota und später auch Honda Hybridautos seit den 1990er Jahren wider alle Zweifel der europäischen Wettbewerber mit zunehmendem, wirtschaftlichen Erfolg zu vermarkten. Zunächst wurde die Hybridtechnologie in Japan, später in den USA eingeführt. Inzwischen hat sie sich auch auf dem europäischen Markt durchgesetzt. Bei Hybridtechnologien kann man von einer erfolgreichen Innovation mit inzwischen weiter Verbreitung sprechen. Denn Hybridtechnologien werden inzwischen in vielen Baureihen und von fast allen OEM eingesetzt (vgl. Barthel et al. 2010, S. 23 f.; Becker 2010, S. 139; Dispan/ Meißner 2010, S. 23 ff.; Leschus et al. 2010, S. 54; Aigle 2008, S. 87).

Trotz der Erfolge der Hybridautos in den letzten Jahren bleibt der Anteil alternativer Antriebssysteme in Deutschland vor allem gemessen am Fahrzeugbestand weiterhin gering (vgl. KBA 2015b).

Abbildung 3.2: Bestand an Pkw nach Kraftstoffarten in Deutschland



Quelle: KBA 2015b

In der Antriebsentwicklung lassen sich verschiedene Technologiepfade ausmachen, die mehr oder weniger kontinuierlich in Richtung ressourcenschonender und klimaverträglicher Mobilität weisen. Den Ausgangspunkt bilden zahlreiche Weiterentwicklungen im Bereich des Verbrennungsmotors, die zur Verbesserung der Kraftstoffeffizienz beitragen und sowohl zur Verbrauchsreduktion als auch zur Leistungssteigerung genutzt werden. Zu diesen Technologien gehören u. a. Downsizing und Turboaufladung, Direkteinspritzung, Verringerung der innermotorischen Massen und Reibungswiderstände oder Zylinderabschaltung. Ein weiterer Entwicklungspfad ist die Herstellung und Verwendung von Kraftstoffen auf biologischer oder synthetischer Basis sowie Erd- oder Flüssiggas. Die Elektrifizierung des Antriebssystems gilt als besonders Erfolg versprechender Entwicklungspfad im Hinblick auf Emissionsvermeidung, der eine Vielzahl von Variationen der Antriebstechnologie ermöglicht. Hinter den Stichworten Hybrid- und Elektrofahrzeuge verbergen sich eine große Vielfalt technischer Möglichkeiten und Konzepte, die von minimalen und milden Formen der Hybridisierung bis hin zu reinen Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeugen reichen. An den Erfolgsmöglichkeiten reiner Elektroautos auf dem Massenmarkt bestehen vor allem deshalb weiterhin Zweifel, weil das Nutzungsverhalten auf ein Universalfahrzeug mit hohen Reichweiten ausgerichtet ist (vgl. Schade et al. 2012, S. 98; Barthel et al. 2010, S. 24 f. Becker 2010, S. 141 f.; Dispan/ Meißner 2010, S. 20 ff.; Aigle 2008, S. 5).

Die Technologieentwicklung der deutschen Automobilindustrie galt bisher als klassisches Beispiel für einen inkrementellen Technologiepfad. Dies gilt vor allem für Entwicklungspfade in der Antriebstechnologie, die stark im Leitbild des Autos mit Verbrennungsmotor als Universalfahrzeug verhaftet bleiben. Optimierungen des Verbrennungsmotors halten an diesem als Kernstück des Automobils und dessen Entwicklung und Produktion als Kernkompetenz der Branche fest. Auch alternative

Kraftstoffe wie Erd- und Flüssiggas, Biodiesel und Bioethanol lassen sich durch leichte Veränderungen der Verbrennungsmotoren in den konventionellen Antriebsstrang integriert. Ähnliches gilt für verschiedene Hybridtechnologien, die große Teile des konventionellen Antriebsstrangs erhalten. Seit den 1990er Jahren nimmt allerdings die Innovationsintensität der deutschen Automobilindustrie zu. Im internationalen Vergleich wachsen die FuE-Aufwände in Deutschland überproportional. Mit den Innovationsaktivitäten nimmt auch die Zahl radikaler Innovationen im Fahrzeug zu. Dazu gehören z. B. X-by-wire-Technologien und die Verwendung neuer Werkstoffe. Die Automobilindustrie verlässt damit zunehmend die traditionellen, inkrementellen Innovationspfade. Allerdings kommen diese radikalen Innovationen meistens von Akteure außerhalb der Innovationssysteme der Automobilindustrie, z. B. aus der Elektronikbranche. So entstehen neue Formen der Prozessorganisation in und zwischen Unternehmen sowie neue Geschäftsfelder. Radikalen Innovationen in Antriebsbereich, zu denen batterieelektrische und Brennstoffzellen-Antriebe gehören, die ohne Verbrennungsmotor auskommen, stehen die deutschen OEM weiterhin kritisch gegenüber (vgl. Weider/ Rammler 2011, S. 4 ff.; Zapata/ Nieuwenhuis 2010, S. 16 f.; Jürgens/ Meißner 2005, S. 13, S. 201 ff., S. 217 ff.).

Im Folgenden wird der Technologiepfad der Elektrifizierung des Antriebssystems über verschiedene Stufen der Hybridisierung bis hin zu batterieelektrischen und Brennstoffzellen-Antrieben beschrieben. Obwohl der Weg zur Elektromobilität als zunehmende Elektrifizierung des automobilen Antriebs beschrieben werden kann, ist es wichtig zu beachten, dass damit ein Übergang von einem inkrementellen zu einem radikalen Innovationsprozess verbunden ist, der einen Paradigmenwechsel bedeutet. Die Hybridtechnologie kann als „Brückentechnologie“ verstanden werden, die einen graduellen Übergang zwischen Verbrennungsmotor und elektrischem Antrieb ermöglicht. Anschließend wird thematisiert, seit wann und wie weit deutsche OEM diesen Technologiepfad in ihre Strategien miteinbeziehen. Der Innovationspfad der Elektrifizierung lässt sich zwar als technisch linearer Prozess beschreiben lässt, tatsächlich werden aber verschiedene Formen von Hybrid-, Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge gleichzeitig entwickelt, erprobt, auf dem Markt gebracht und zu verschiedenen Zeiten mit mehr oder weniger strategischer Relevanz belegt.

Ein erster Schritt zur Elektrifizierung des Antriebssystems sind Mikrohybrid-Konzepte. Bei Mikrohybrid-Fahrzeugen werden Lichtmaschine und Anlasser durch einen Starter-Generator, einen kleinen Elektromotor, ersetzt. Eine Start-Stopp-Automatik schaltet den Verbrennungsmotor bei Stillstand des Fahrzeugs automatisch ab und startet diesen beim Anfahren wieder. Darüber hinaus verfügen Mikrohybride über eine Funktion zur Bremsenergieerückgewinnung bzw. Rekuperation. Die beim Abbremsen des Fahrzeugs freigesetzte Energie wird durch einen Generator in Strom umwandelt und wieder in die Batterie zurückführt. Mikrohybrid-Technologien sind eine vergleichsweise kostengünstige Variante der Verbrauchsreduktion, die allerdings nur ein geringes Einsparpotential bietet, vor allem im Langstreckenbetrieb. Sie stellen keine neue Erfindung dar. Innovativ ist vielmehr ihre

flächendeckende Verbreitung, so wie sie bspw. bei BMW seit 2007 unter dem Label „Efficient Dynamics“ in der gesamten Flotte eingeführt wurde (vgl. u. a. Schade et al. 2012, S. 99 ff.; Becker 2010, S. 139; Yay 2010, S. 44; Canzler/ Knie 2009, S. 18).

Als nächste Stufe der Elektrifizierung können Fahrzeuge mit Mildhybrid-Technologie zwar nicht rein elektrisch betrieben werden, verfügen aber über einen Elektromotor, der neben der Start-Stopp-Funktion und der Rekuperation den Verbrennungsmotor beim Beschleunigen unterstützt. Durch das Zuschalten des Elektromotors kann der Verbrennungsmotor in einem Bereich mit günstigem Wirkungsgrad arbeiten, wodurch der Verbrauch gesenkt wird. Diese Variante der Hybridisierung wurde bspw. von Honda vorangetrieben. Obwohl sie eine deutlichere Verbrauchsreduktion bietet als Mikrohybrid-Technologien, verursachen die Batterien sowohl Mehrkosten als auch einen hohen technischen Aufwand und die zusätzlichen Komponenten addieren zum Fahrzeuggewicht und Platzbedarf (vgl. Fraunhofer IAO/ DLR-FK/ IMU-Institut 2012, S. 12; Schade et al. 2012, S. 99 ff.; Becker 2010, S. 139; Dudenhöffer 2010, S. 4).

Bei Vollhybrid-Fahrzeugen, die vorübergehend rein elektrisches Fahren ermöglichen, wird zwischen parallelen, leistungsverzweigten und seriellen Hybriden unterschieden. Bei parallelen und leistungsverzweigten Hybriden sind ein oder mehrere Elektromotoren und ein Verbrennungsmotor direkt mit dem Getriebe gekoppelt, so dass ein Wechsel zwischen den beiden Antriebsarten sowie deren gleichzeitige Verwendung möglich sind. Ein Beispiel für einen parallelen Vollhybrid ist der Toyota Prius. Bei seriellen Hybriden sind ein oder mehrere Elektromotoren dem Verbrennungsmotor nachgeschaltet, so dass der Verbrennungsmotor über einen Generator Strom erzeugt. Vollhybride weisen vor allem im Stadtverkehr ein hohes Einsparpotential auf, da sie rein elektrisches Fahren bis ca. 50 Kilometer pro Stunde (km/h) und auf kurzen Distanzen ermöglichen. Vollhybride sind ebenso wie Mildhybride mit einem relativ hohen, technischen und finanziellen Aufwand sowie mit hohem Fahrzeuggewicht durch und Platzbedarf für den Antrieb verbunden (vgl. Schade et al. 2012, S. 99 ff.; Yay 2010, S. 45 ff.; Canzler/ Knie 2009, S. 18; Aigle 2008, S. 88 f.).

Hybridfahrzeuge, die an einer externen Stromquelle geladen werden können, werden als Plug-in-Hybride (*Plug-In-Electric Vehicle*, PHEV) bezeichnet. Diese haben den Vorteil, dass ein rein elektrischer Betrieb über längere Perioden möglich ist, wenn das Fahrzeug jeweils nur kurze Strecken bewegt und anschließend wieder extern geladen wird. Die rein elektrische Reichweite ist aber aufgrund des zusätzlichen Gewichts des zweiten Antriebs geringer als bei reinen Elektroautos. Eine Variante sind serielle Plug-in-Hybride oder *Range-Extender*. Beispiele sind die baugleichen Fahrzeuge Opel Ampera und Chevrolet Volt des GM Konzerns (vgl. Schade et al. 2012, S. 99 ff.; Diez/ Kohler 2010, S. 28, Dispan/ Meißner 2010, S. 25; Canzler/ Knie 2009, S. 18).

Der Vorteil der Hybridantriebe ist die je nach Ausmaß der Elektrifizierung mögliche Verbrauchsreduktion. Nachteile sind mit zunehmender Elektrifizierung das zunehmende Fahrzeuggewicht, die

zunehmende technische Komplexität und die damit verbundenen Mehrkosten. Aus Sicht der OEM bedeuten Hybridtechnologien die Beibehaltung des Verbrennungsmotors als wesentlicher Teil des Antriebsstrangs. In der Verbrennungsmotortechnologie sind viele getätigte Investitionen in FuE, Fachwissen und Produktion gebunden, so dass die Entscheidung für dessen Beibehaltung aus finanzieller Sicht sinnvoll ist. Hybridtechnologien bieten zwar nicht die einzige Möglichkeit der Verbrauchsreduktion, liefert aber wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung und Produktion von Elektrofahrzeugen im Allgemeinen, da für diese Komponenten, wie Starkstromkabel, Elektromotoren und Batterien, entwickelt und erprobt werden, die auch für Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge benötigt werden. Die Hybridtechnologien können so eine wichtige Brückentechnologie für Entwicklung und Produktion von rein elektrischen Fahrzeugen sein, die den OEM eine Übergangsphase zwischen konventionellen und elektrischen Antrieben ermöglicht (vgl. Yay 2010, S. 48; Zapata/ Nieuwenhuis 2010, S. 16 f.; Jürgen/ Meißner 2005, S. 62).

In einem rein batterieelektrischen Fahrzeug ersetzen Elektromotor(en), Batterie(n), Generator(en) und Batteriemanagementsystem Verbrennungsmotor, Tanksystem, Einspritz- und Abgasanlage und Kupplung. Getriebe- und weitere Komponenten werden stark modifiziert. Dadurch ändern sich wesentliche, technische Eigenschaften des Antriebsystems und der Wertschöpfungsanteil der einzelnen Komponenten. Der größte Vorteil von Elektroautos gegenüber Autos mit Verbrennungsmotoren besteht im deutliche höher Wirkungsgrad des Elektromotors, der Elektroautos um ein mehrfaches effizienter macht, sowie die Möglichkeit des emissions- und lärmfreien Fahrens (vgl. Dispan/ Meißner 2010, S. 41; Fraunhofer ISI 2010; Canzler/ Knie 2009, S. 19; Aigle 2008, S. 97).

Kernstück des Elektroautos ist die Batterie, die nach derzeitigem Entwicklungsstand allerdings hohe Kosten verursacht und nur begrenzte Reichweiten liefert. Batteriebetriebene Fahrzeuge weisen darüber hinaus in Bezug auf die Dauer der Wiederherstellung der vollen Reichweite nicht dieselben Eigenschaften auf wie Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren auf. Die durchschnittliche Reichweite eines Elektroautos liegt bei 100 Kilometer (km). Das Laden der Batterie dauert je nach Ladetechnologie mehrere Stunden. Selbst Schnellladesysteme, welche die Fahrzeugbatterien ca. in 30 Minuten auf ca. 80 Prozent aufladen, kommen nicht mit der Geschwindigkeit eines Tankvorgangs heran. Selbst mit den zukunftssträchtigen Lithium-Ionen-Batterien, die höhere Spitzenenergiewerte, längere Haltbarkeit, größere Energiespeicherkapazitäten und kürzere Ladezeiten bieten, können nicht die gleichen Eigenschaften wie bei einem herkömmlichen Antrieb erreicht werden. Die Bedeutung der Reichweite von Fahrzeuge relativiert sich allerdings, da die meisten Fahrten unter 100 km liegen. Dennoch passen die Eigenschaften des Elektroautos in Bezug auf Reichweite und Ladedauer nicht zu den dominanten Leitbild des Autos als Universalfahrzeug, das für kurze wie lange Fahrten verwendet werden kann (vgl. Becker 2010, S. 143; Diez/ Kohler 2010, S. 8; Hanselka/ Jöckel 2010, S. 32; Aigle 2008, S. 101 f.).

Das Potential der Elektroautos liegt darin, dass sie Teil einer Systemlösung der Elektromobilität sind. Elektroautos sind für kurze Strecken und den Stadtverkehr besonders geeignet. In Kombination mit anderen Verkehrsmitteln und erneuerbaren Energien bieten sie die Möglichkeit einer nachhaltigen Mobilität. Elektromobilität bedeutet letztendlich den Wandel von einem fahrzeugzentrierten Leitbild hin zu einem mobilitätszentrierten Leitbild (vgl. Rammler 2011, S. 19 ff.; acatech 2010, S. 15 ff.; Barthel et al. 2010, S. 24 f.).

Betrachtet man Elektrofahrzeuge unter dem Gesichtspunkt der Emissionsvermeidung, sollte zwischen den sogenannten „*Tank-to-wheel*“- und „*Well-to-wheel*“-Emissionen unterschieden werden. „*Tank-to-wheel*“ erzeugen Elektroautos keine Emissionen. „*Well-to-wheel*“ sind die Emissionen von den bei der Erzeugung des Ladestroms entstehenden Emissionen abhängig, die vom jeweiligen Energiemix bestimmt werden. Zusätzlich müssen die Emissionen berücksichtigt werden, die beim Herstellungs- und Recyclingprozess des Fahrzeuges und seiner Komponenten entstehen. Das Laden von Elektroautos mit Strom aus erneuerbaren Energien hat insgesamt das höchste Potential zur Emissionsvermeidung (vgl. acatech 2010, S. 18 ff.; Heitland 2007; Jürgens/Meißner 2005, S. 127 f.).

Bei einer entsprechenden Definition können Brennstoffzellenfahrzeuge ebenfalls als Elektrofahrzeuge klassifiziert werden. Autos mit Brennstoffzellen, die durch Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen betrieben werden, werden oftmals als langfristige Lösung für zukünftige Automobilität dargestellt. Brennstoffzellen sind chemische Transformatoren, die Wasserstoff und Sauerstoff nutzen um Elektrizität, Wärme und Wasser zu erzeugen. Der Fokus der Technologieentwicklung bei Brennstoffzellen liegt heute auf der Minimierung von deren Kosten, Gewicht und Größe. Der Vorteil des Einsatzes von Wasserstoff in Brennstoffzellen liegt in der hohen Energiedichte des Wasserstoffs und dem signifikant höheren Wirkungsgrad der Brennstoffzellen gegenüber dem Verbrennungsmotor, der extremen Geräuscharmheit des Antriebs und dem emissionsfreien Betrieb. Einer der Pioniere in Sachen Brennstoffzellenfahrzeug ist die Daimler AG, die bereits 2000 die ersten Brennstoffzellenfahrzeuge vorstellte. Daimler produziert allerdings bis heute Brennstoffzellenfahrzeuge, die unter der Modellbezeichnung F-CELL vermarktet werden, nur in Kleinserien. Eine der größten Herausforderung stellt neben den Kosten für die Technologie die Versorgung der Fahrzeuge im Wasserstoff dar, da es nur sehr vereinzelt Wasserstofftankstellen gibt (vgl. Daimler 2015a; Barthel et al. 2010, S. 24; Diez/ Kohler 2010, S. 28; Becker 2010, S. 140 f.; Heitland 2007, S. 36 ff.).

Sowohl bei Brennstoffzellen- als auch Elektrofahrzeugen stellt sich demnach das „Henne-Ei-Problem“ des Infrastrukturaufbaus. Ein Grund für die Dominanz von Fahrzeugen, die mit Benzin und Diesel betrieben werden, ist das flächendeckende, länderübergreifende Tankstellennetz. Für neue Antriebskonzepte, die auf Strom oder Wasserstoff als Energiequelle zurückgreifen, muss eine Infrastruktur erst aufgebaut werden. Der Infrastrukturaufbau ist sehr kostenintensiv und wenig wirtschaftlich,

besonders solange diese nur von sehr wenigen Fahrzeugen genutzt wird. Entsprechende Fahrzeuge werden aber erst dann auf dem Markt Erfolg haben, wenn es eine entsprechende Infrastruktur gibt (vgl. NPE 2012, S. 37; Rammler 2011, S. 14; Yay 2010, S. 74 f.; Zapata/ Nieuwenhuis 2010, S. 19).

Die Strategien der deutschen OEM im Hinblick auf Elektromobilität waren lange Zeit eher zurückhaltend. Diese kritische Haltung gilt radikalen Innovationen im Antriebsbereich generell, denn das Antriebssystem mit Verbrennungsmotor bildet ihre Kernkompetenz und soll nach Möglichkeit erhalten bleiben. Jahrzehntlang gab es keinerlei Veranlassung diese Technologie grundsätzlich in Frage zu stellen. Begründet wird die kritische Haltung gegenüber Alternativen mit dem hohen Reifegrad konventioneller Technologien, den Kundenwünschen nach Leistung, Reichweite, Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie den erfolgreichen Optimierungsanstrengungen bei Verbrennungsmotoren der Vergangenheit. Neue Antriebskonzepte wurden als marktfern abgelehnt. Der Elektro- aber auch der Hybridantrieb wurde von deutschen OEM länger als von anderen OEM als Alternative zum Verbrennungsmotor vernachlässigt (vgl. Canzler/ Wentland/ Simon 2011; Barthel et al. 2010, S. 23 ff.; Jürgens/ Meißner 2005, S. 217).

Ein Grund dafür ist die Fokussierung der FuE im Antriebsbereich auf Dieseltechnologien. In diesem Bereich hat es seit der zweiten Hälfte der 1990er Jahre einen regelrechten Innovationsschub gegeben, der ein europäisches Marktsegment geschaffen hat, von dem insbesondere die europäischen OEM profitiert haben. Die Möglichkeiten der Verbrauchsreduktion durch moderne Dieselmotoren wurden höher eingeschätzt als durch Hybridisierung der Fahrzeuge. Die Hybridtechnologie wurde lange als „minderwertige Technologie [angesehen], über die man im Prinzip aber verfügt“ (Jürgens/ Meißner 2005, S. 208). Dieser Position ist geprägt von einer emotionalen Ablehnung der Hybridfahrzeuge und dem Gefühl der eigenen, technologischen Überlegenheit gegenüber anderen OEM. Die Erfolge der Hybridautos der japanischen Konkurrenz wurden lange Zeit ignoriert (vgl. Barthel et al. 2010, S. 24; Jürgens/Sablowski 2008, S. 131 f.; Jürgens/ Meißner 2005, S. 205 f.).

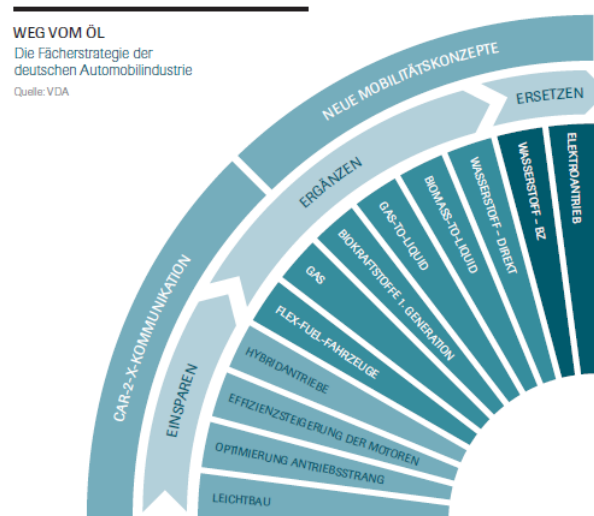
Am konsequentesten und letztendlich erfolgreich wurde die Strategie der Hybridisierung von Toyota seit Mitte der 1990er Jahre verfolgt. 1997 wurde die erste Modellgeneration des Prius auf den japanischen Markt eingeführt. Der Prius war als Hybridauto neu entwickelt worden und wurde als erstes Auto ausschließlich als Hybridauto in Großserie produziert. Seit 2000 wird der Prius auch in den USA und Europa verkauft. Mit der zweiten Modellgeneration gelang es, die Systemkosten deutlich zu senken, so dass der Prius zunehmend auch wirtschaftlich attraktiv wird. Toyota strebt eine Hybridisierung aller wichtigen Baureihen an, so dass von jedem Modelle eine Hybrid-Variante zur Verfügung steht (vgl. Automobilwoche 5/2015, S. 3; Diez/ Kohler 2010, S. 24; Canzler/ Knie 2009, S. 21; Jürgens/ Meißner 2005, S. 142).

Trotz der Pionierstellung bei der Hybridtechnologie hält sich Toyota mit der Einführung reiner Elektrofahrzeuge eher zurück. Auf diesem Gebiet haben sich andere Hersteller in den letzten Jahren

einen Namen gemacht, allen voran das Start-up-Unternehmen Tesla, gefolgt von Nissan, Renault und Mitsubishi. Die deutschen OEM entwickeln und erproben bereits seit Jahren Hybrid- und Elektrofahrzeuge, diese kamen aber lange nicht über ein Prototypen- und Kleinserienstadium hinaus. Seit sich immer mehr abzeichnet, dass vor allem Hybrid- aber auch Elektrofahrzeuge bei den Kunden und besonders auf den großen, asiatischen Wachstumsmärkten als Zukunftsmodelle gelten und ohne entsprechende Fahrzeuge die niedriger werdenden Grenzwerte bei CO₂-Emissionen nicht erreicht werden können, haben sich die Strategien der deutsche OEM allerdings geändert (vgl. Schade et al. 2012, S. 102 f.; Barthel et al. 2010, S. 24).

Der VDA (2011b) beschreibt die Antriebsstrategie der deutschen Automobilhersteller „weg vom Öl“ als „Fächerstrategie“, die eine Vielzahl von Technologien enthält, die in die Kategorien „Einsparen“, „Ergänzen“ und „Ersetzen“ eingeordnet sind und durch Car-2-x-Kommunikation und neue Mobilitätskonzepte flankiert werden (siehe Abb. 3.6).

Abbildung 3.6: Antriebsstrategie deutscher Automobilhersteller



Quelle: VDA 2011

Die Antriebsstrategie der deutschen OEM enthalten demnach verschiedene Technologiepfade. An erster Stelle stehen weiterhin vor allem Optimierungen am Fahrzeug und Verbrennungsmotor, um den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren, also „einzusparen“. Unter diesen Strategien sind auch Hybridantriebe subsummiert. Eine zweite Gruppe von Technologien wird als „ergänzend“ beschrieben. Darunter fallen alle alternativen Kraftstoffe, die im Verbrennungsmotor eingesetzt werden können: biologisch und/oder synthetisch hergestellter Kraftstoffe, Erd- und Flüssiggas sowie Wasserstoff. Diese beiden Hauptstrategien der deutschen OEM zielen vor allem auf den Erhalt des Verbrennungsmotors als Kern des Antriebssystems. Technologiepfade, die das „Ersetzen“ des Verbrennungsmotors

vorsehen, etwa durch batterieelektrische oder Brennstoffzellen-Antriebe, stehen nach der „Fächerstrategie“ des VDA erst am Ende einer Reihe vielfältiger Möglichkeiten der Optimierung und Ergänzung aktueller Antriebskonzepte (vgl. VDA 2011; Barthel et al. 2010, S. 23 f.; Diez/ Kohler 2010, S. 23 f.; Hanselka/ Jöckel 2010, S. 23).

Diese Diversifizierung der Antriebstechnologie sowie die damit verbundene FuE, Produktion und Vermarktung verschiedener, alternativer Antriebe, Kraftstoffe und Fahrzeuge bergen sowohl Chancen als auch Risiken für die OEM. Die weitgehende „Fächerung“ der Antriebsstrategien ist der hohen Unsicherheit über die zukünftigen Marktchancen der verschiedenen, neuen Technologien geschuldet. Die deutschen OEM vermeiden es sich frühzeitig auf eine Technologie festzulegen, da unsicher bleibt, welche Technologie oder auch Technologien sich dauerhaft durchsetzen werden, und ob einige Technologie wie Elektro- und Wasserstoffmobilität überhaupt eine ausreichenden Markt erschließen können, um wirtschaftlich zu sein. Es herrscht eine „Innovationskonkurrenz der Technologien“ (Jürgens/Meißner 2005, S. 211), deren Ausgang ungewiss ist. Gleichzeitig mehrere Technologiefpade zu verfolgen bedeutet allerdings auch hohe Investitionen in die verschiedenen Technologien. Die deutsche Automobilindustrie sieht sich vor der Herausforderung ihre Marktführerschaft bei den Verbrennungsmotoren beizubehalten, was nur durch weitere Innovationen in diesem Bereich möglich ist, und gleichzeitig in alternative Antriebstechniken zu investieren (vgl. Handelsblatt 2011b, S. 26; acatech 2010, S. 13; Bathel et al. 2010, S. 24 f.; Diez/ Kohler 2010, S. 10).

Investitionen in verschiedene, neue Technologie können am ehesten von großen Konzernen geleistet werden. Um Investitionen und Risiken zu reduzieren, bieten sich außerdem Kooperation mit Zulieferern, anderen Herstellern und branchenfremden Unternehmen an, die komplementäre Kompetenzen z. B. im Bereich der Elektro- und Batterietechnik aufweisen. Entsprechende Joint-Ventures, Kooperationen und Kooperationsvorhaben häufen sich in den letzten Jahren und betreffen nahezu alle OEM (vgl. Barthel 2010, S. 25, Dispan/ Meißner 2010, S. 27). Dadurch nimmt die Verflechtung innerhalb und außerhalb der Branche deutlich zu. Die Komplexität der Beziehungsstrukturen steigt. Sollen neue Entwicklungsbereiche und -kooperationen dauerhaft in die Innovationssysteme integriert werden, bedarf es entsprechender Integrationsstrategien in den beteiligten Organisationen, die langfristig auch die Teilbereiche betreffen, die mit der Entwicklung und Produktion herkömmlichen Technologie und Fahrzeuge beschäftigt sind, z. B. durch die Neuverteilung von Ressourcen. So führen neue Antriebsstrategien zu neuen Organisations- und Kooperationsstrukturen, die langfristig die Struktur der Branche und ihrer Innovationssysteme verändern. Wahrscheinlich sind aber auch ein Scheitern von Kooperationen und eine teilweise Rückkehr zu vorherigen Strategien, wenn Konflikte zwischen alten und neuen Strukturen oder Zielkonflikte zwischen Kooperationspartnern nicht gelöst werden können. Die Analyse der neu

entstehenden Kooperationen und Beziehungen sowie des damit einhergehenden Wandels der Strukturen von Organisationen und Innovationssystemen ist Inhalt von Kapitel 4.

Ein Grund für die zögerliche Einführung alternativer Antriebskonzepte durch deutsche OEM ist die hohe Bedeutung der technischen Reife der Produkte bei deren Markteinführung. Die hohe Qualität der Fahrzeuge und vor allem der Antriebe ist einer der strategischen Wettbewerbsvorteile der deutschen OEM, den sie auch für alternative Fahrzeuge und Antriebe beibehalten möchten. Die Technikaffinität und -perfektion der deutschen Automobilindustrie, welche in dem stark technikzentrierten Paradigma, der hohen Stellung der Ingenieursberufe in Deutschland und einer gewissen Anspruchshaltung der Kunden begründet sind, führen zu einer zeitlich späteren Markteinführung alternativer Antriebskonzepte im Vergleich zur ausländischen Konkurrenz. Der Anspruch ein von Anfang an technisch perfektes Produkt zu liefern, verlängert die FuE-Phasen neuer Fahrzeuge (vgl. Automobilwoche 4/2012, S. 14; Canzler/ Knie 2009, S. 29 f.; Jürgens/ Sablowski 2008, S. 132).

Wesentlich für das Zögern der deutschen OEM ist sicherlich, dass der Verbrennungsmotor als „Herzstück“ des Automobils und die Motorenentwicklung als „Königsdisziplin“ der Branche angesehen werden. Hybridisierung und Elektrifizierung machen komplizierte Hochleistungs-Verbrennungsmotoren zunehmend überflüssig, so dass eine radikale Neuausrichtung der Antriebsstrategien im Widerspruch zur bisherigen Strategien und Grundannahmen der Unternehmen und der dort beschäftigten Ingenieure stehen, die hemmend auf den Innovationsprozess wirken. Aus ökonomischer Sicht wirken auch die bereits getätigten, hohen Investitionen in FuE-Kapazitäten, Produktionsanlagen und Geschäftsmodelle hemmend. Die Einführung von Hybrid- und Elektroautos auf dem deutschen Automobilmarkt bedeutet neue Produkte auf einen vergleichsweise statischen Markt zu bringen. Eine solche Umstellung kann nicht reibungslos verlaufen, vor allem wenn angenommen wird, dass langfristig Elektroautos die so erfolgreichen, konventionellen Fahrzeuge ersetzen sollen. Die Skepsis der etablierten Organisationen und die damit verbundene Schließung der Innovationssysteme für neue Technologien lässt sich somit sowohl aus technologischer als auch ökonomischer Sicht begründen (vgl. Canzler/ Wentland/ Simon 2011; Zapata/ Nieuwenhuis 2010, S. 14 ff.).

Die Kompetenzen innerhalb der deutschen Automobilindustrie sind auf konventionelle Fahrzeuge ausgerichtet. Eine wesentliche Kernkompetenz der deutschen OEM und Zulieferer liegt in spezifischen Technologien von Antriebssystemen mit Verbrennungsmotoren und dem dazu gehörigen Produktionswissen. Dieser Umstand wird sowohl bei strategischen Entscheidungen der Unternehmen als auch bei politischen Entscheidungen der Regierung mitberücksichtigt. Eine Umstellung auf Hybrid- und Elektroautos zieht einen Wandel der Wissensbedarfe und Qualifikationsanforderungen sowie der Produkte und Produktionen nach sich. Dafür bedarf es Umstrukturierungen in den Qualifikationsstrukturen des Personals, den Entwicklungs- und Produktionsabteilungen der

Unternehmen, die nicht kurzfristig erfolgen können. Die benötigten Fachkräfte und Ingenieure können nicht einfach von den Ausbildungseinrichtungen oder auf dem Arbeitsmarkt rekrutiert werden. Das notwendige Technologie und Prozesswissen muss zunächst aufgebaut werden (vgl. acatech 2010, S. 33 ff.; Barthel et al. 2010, S. 34 f.; Dispan/ Meißner 2010, S. 55 ff.).

3.3.2 Der Hype der Elektromobilität und die Reaktionen in Deutschland

Trotz aller Skepsis der etablierten, deutschen Akteure hat sich um Elektrofahrzeuge und Elektromobilität in den Jahren 2010-2011 ein regelrechter Hype entwickelt, dem sie sich langfristig nicht entziehen können. Ein wesentlicher Treiber war der zunehmende Fortschritt in der Batterietechnologie, der durch das enorme Wachstum mobiler Kommunikationsgeräte wie Laptop und Smartphone verursacht wurde. Die Verwendung der Lithium-Ionen-Akkus im einem Automobil wurde als erstes vom Start-up-Unternehmen Tesla Motors realisiert und zwar nicht in einem kleinen, unscheinbaren Stadtauto sondern in einem schicken Elektrosportwagen. Durch die Konzeption des mit 6.000 Laptop-Akkus betriebenen Tesla Roadster mit einer Reichweite von 350 km gerieten die etablierten OEM in Zugzwang. Ihr Argument, dass elektrische Antriebe nur für kleine Stadtautos mit geringen Reichweiten von maximal 100 km möglich wären, für die es keinen Markt gäbe, da die Fahrzeuge klein aber teuer seien, wurde durch den Tesla Roadster eindrücklich entkräftet. Wie es typisch ist für relativ geschlossene Innovationssysteme mit hoher Pfadabhängigkeit, wurde die Innovation Elektromobilität von außen an das System herangeführt. Elektromobilität entwickelte sich innerhalb weniger Jahre zu einem Hype. Die öffentliche Wahrnehmung und Berichterstattung in den Medien erreichte in den Jahren 2010 und 2011 ihren Höhepunkt (vgl. Automobilwoche 2011, 2010; Innovations-report 2011, 2010; Sauter-Servaes 2011, S. 35; Diez/ Kohler 2010, S. 7; Jürgens/ Meißner 2005, S. 219).

In Deutschland fällt der Hype der Elektromobilität damit mit der Phase zusammen, in der sich die Automobilwirtschaft von der Wirtschaftskrise zumindest in Teilen bereits wieder erholt hatte. Die Krise hatte auch zu einer Veränderung der Wahrnehmung der einen wirtschaftlichen und technologischen Stärke in der Branche beigetragen. Der zunehmende Innovationsdruck durch internationale Konkurrenz konnte nicht länger ignoriert werden (siehe Kapitel 3.1.2). Dazu passt das offensivere Aufgreifen eines neuen Innovationsbereichs mit hoher medialer und politischer Aufmerksamkeit.

Dem Hype um Elektromobilität war in den Jahren zuvor eine stark steigende Bedeutung von Hybridfahrzeugen vorausgegangen. Der Markterfolg der Hybridautos wurde bereits im vorherigen Kapitel thematisiert. Auch im Fall der Hybridautos entstand der Innovationsprozess außerhalb der

Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie und wurde von den japanischen OEM initiiert. In Deutschland wurde der Trend zögerlich aufgenommen. Die „grünen“ Hybridtechnologien setzten sich zunächst nur auf den Automobilmessen durch, auf denen bald fast jeder OEM ein Fahrzeug als Hybridvariante präsentierte. Die deutschen OEM brauchten anschließend vergleichsweise lange, um die ersten Hybridautos auf den Markt zu bringen. 2009 bot Daimler als erster, deutscher OEM den S 400 Blue Hybrid an. Die anderen, deutschen OEM folgten. Die breite Einführung von Hybridautos zog sich allerdings einige Jahre hin. Anfang 2011 gab es erst fünf deutsche Hybridmodelle (vgl. Kapitel 3.3.1; Barthel et al. 2010, S. 24 f.; Automobilwoche 3/2012, S. 64).

Bereits vor der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise wurde die Elektrifizierung des Automobils als zukunftsweisender Entwicklungspfad angesehen. In den Marktprognosen der internationalen Beratungsunternehmen wie McKinsey, Oliver Wyman, Roland Berger und A.T. Kearney werden etwa seit 2008 Elektrofahrzeuge als Alternative zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor berücksichtigt. Im Jahr 2008 schätzte bspw. Roland Berger das Marktpotential alternativer Antriebssysteme in Europa für das Jahr 2028 auf 23 Prozent, darunter sechs Prozent Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge. In einer Prognose aus dem Jahr 2009 von A.T. Kearney wird der Marktanteil von Plug-In-Hybriden und Elektroautos bis 2020 in Amerika, Europa und Asien bei acht bis zehn Prozent gesehen. Das deutsche Center of Automotive Research (CAR) der Universität Duisburg-Essen prognostiziert 2010 einen Weltmarktanteil für Elektroautos für 2020 von drei Prozent und für 2025 von fünf Prozent (vgl. Dispan/Meißner 2010, S. 32 ff.; Dudenhöffer 2010, S. 10).

Die Strategie der deutschen OEM im Hinblick auf Elektroautos hat sich in den letzten Jahren deutlich geändert. Obwohl diese weiterhin langsamer an das Thema herangehen als die internationale Konkurrenz, sind Elektroautos mittlerweile zu einem Teil ihrer Strategie geworden. Dennoch wollen sie zunächst sämtliche Möglichkeiten der Optimierung von Verbrennungsmotoren ausschöpfen. Eine weite Verbreitung von Elektroautos wird erst am Ende einer langen Übergangsphase gesehen, die sich noch viele Jahrzehnte hinzieht. Reine batterieelektrische Fahrzeuge sind aus der Sicht deutscher OEM zunächst nur für einzelne Segmente vorstellbar. Vor allem im Kleinwagensegment werden seit 2008 elektrische Varianten entwickelt und im Alltagsbetrieb erprobt, darunter der Smart Electric Drive (ED) und der Mini E. Die ersten Serienmodelle der deutschen OEM wurden erst vor einigen Jahren auf dem Markt eingeführt. Zuvor wurde der Markt für Elektroautos von Start-ups, Umrüstern und ausländischen OEM geprägt (vgl. Diez/ Kohler 2010, S. 9; Canzler/ Knie 2009, S. 21).

Trotz der hohen Präsenz des Themas Elektromobilität in den Medien, gab und gibt es nur wenige Elektroautos auf dem deutschen Markt. Im Jahr 2010, als der E-Hype in den Medien seine Hochphase erreichte, waren es nur knapp über 20 Elektrofahrzeuge (vgl. ADAC 2010). Diese lassen sich im Wesentlichen in zwei Segmente einteilen: leichte Nutzfahrzeuge bzw. Fahrzeuge für den gewerblichen Gebrauch und Kleinst- und Kleinwagen. Eine Ausnahme bildet der Elektrosporthwagen

Tesla Roadster. Die Elektroautos sind entweder zu Elektrofahrzeugen umgerüstete Varianten von Serienmodellen („*Conversion Design*“) oder als solche entwickelte und oftmals zunächst in Kleinserien produzierte Elektrofahrzeuge („*Purpose Design*“). Unter *Conversion Design* versteht man den Austausch eines konventionellen durch ein elektrisches Antriebssystem im Rahmen einer bestehenden Fahrzeugarchitektur. Die meisten derzeit verfügbaren Elektrofahrzeuge wurden nach dem *Conversion Design* konzipiert. Vorteile dieses Prinzips sind das geringe Risiko und die begrenzten Kosten durch die Übernahme einer Vielzahl von Komponenten wie Karosserie, Innenraum und Fahrwerk, die Aufrechterhalten laufender Prozesse sowie die Nutzung vorhandener Konzepte und Technologien. Nachteilig ist die deutliche Einschränkung bei der Nutzung des Innenraumes. Durch die nachträgliche Platzierung der elektrischen Antriebskomponenten, vor allem der Batterie, im Fahrzeug, kommt es zu Platzverlusten z. B. im Kofferraum oder Rückbankbereich. Als *Purpose Design* bezeichnet man die komplette Neukonstruktion eines Fahrzeugs im Hinblick auf ein bestimmtes, in diesem Fall elektrisches Antriebssystem. So können die Komponenten optimal angeordnet und Einschränkungen des Innenraums vermieden werden. Durch den Einsatz von Leichtbau bei der Fahrzeugkarosserien kann bspw. das Gewicht der Batterie wieder ausgeglichen werden (vgl. Barthel et al. 2010, S. 25; Biermann/ Scholz-Starke 2010, S. 15 f.; Wirtschaftsministerium BW/ Fraunhofer IAO/ WRS 2010, S. 20).

Die ersten, auf dem deutschen Markt verfügbaren Elektrofahrzeuge waren meist leichte Nutzfahrzeuge (Nfz). Darunter vier von dem Fiat-Nfz-Händler Karabag importierte, in Italien von Mirco Vett umgerüstete Fiat-Modell (Fiorino E Kombi/Kasten, Doblo E Kombi/Kasten, Ducato E Kasten, Ducato E Bus), verschiedene Nfz aus chinesischer Produktion, wie der LUIS 4U green (E-SUV), der seit 2010 in Asien und Europa an Geschäftskunden vertrieben wird, und drei Nfz-Modelle von DFM (Dongfeng Motor Corporation), importiert durch die Indimo GmbH. Die Produktion des in Deutschland entwickelten EcoCarrier von EcoCraft Automotive wurde 2011 nach 150 Einheiten nach der Insolvenz Unternehmens eingestellt (vgl. ADAC 2010).

Seit 2009 werden zunehmend elektrische Leichtfahrzeuge, Klein- und Kleinstwagen in Deutschland angeboten. Auch diese stammten zunächst überwiegend von kleinen Start-ups und/ oder wurden nachträglich zu Elektroautos umgerüstet. Zu diesen gehören: der 500 E auf Basis des Fiat 500 von Karabag, der ebenfalls von Care-Energy, eine Marke der mk-group Holding GmbH, die seit 2011 Stromprodukte vertreibt, unter dem Namen CARE 500 umrüstet wird; der CITYSAX auf Basis des Chevrolet Matiz von CITYSAX Mobility GmbH, einem 2006 gegründeten kleinen Start-ups, von dem bis 2011 21 Fahrzeuge verkauft wurden; der Stromos auf Basis des Opel Agila von German E-Cars, einem mittelständischen Unternehmen mit ca. 40 Mitarbeiter, das 2009 gegründet wurde und neben Elektroautos, Komponenten für Antriebssysteme und Energiespeicher sowie Ingenieursdienstleistungen anbietet. Erste Kunden sind meistens keine Privat- sondern Firmenkunden wie beim

Stromos bspw. Siemens und SAP (vgl. CITYSAX 2014; German E-Cars 2014; KARABAG Elektrofahrzeuge 2014; ADAC 2010).

Außer den umgerüsteten Kleinst- und Kleinwagen gibt es auch einige, wenige als Elektroautos entwickelte Fahrzeuge auf dem deutschen Markt. Diese stammten zunächst von kleinen Start-ups oder wurden importiert. Ein deutscher OEM und Importeur von Elektrokleinwagen war die Smiles AG, die seit 1996 den einsitzigen, dreirädrigen CityEL herstellt und verkauft. Von 2009 bis 2012 importierte und vertrieb die Smiles AG außerdem den REVA i des indischen Herstellers Mahindra Reva Electric Vehicles und den Tazzari Zero des italienischen Automobilzulieferers Tazzari. Seit der Insolvenz der Smiles AG im Frühjahr 2012 wird der CityEL von der Citycom GmbH produziert. Die Firma Leichtmobile Ltd. & Co. KG vertreibt in Deutschland den MEGA eCity des französischen Leichtkraftwagenherstellers Aixam (vgl. DGAP.Medientreff 2014; Leichtmobile 2014; ADAC 2010, Automobilwoche edition 2010, S. 26 f.).

Ein Exot auf dem deutschen Automobilmarkt, der von 2009 bis 2012 angeboten wurde, war der elektrische Sportwagen Tesla Roadster. Obwohl der Tesla Roadster niemals wirtschaftlich erfolgreich war, fungierte er doch als symbolischer „Weckruf“ für die gesamte Branche. Elektroautos galten bisher als zu unattraktiv, zu teuer und aufgrund der zu geringen Reichweite nur für den Stadtverkehr geeignet. Der Tesla Roadster trat als erster mit dem schicken Design eines Sportwagens, einer hohen Reichweite und einen hohen, aber für einen Sportwagen nicht zu hohen Preis den Gegenbeweis an. Der Tesla Roadster wurde vom kalifornischen Start-up Tesla Motors, gegründet 2003, entwickelt und verkauft. Damit war es ein Brancheneuling, dem es als erstes gelang Autofans für ein Elektroauto zu begeistern. Weltweit wurden insgesamt 2.500 Tesla Roadster verkauft, davon 190 in Deutschland. Seit 2013 gibt es ein neues Modell von Tesla Motors, den Tesla S, eine viertürige Limousine mit einer Reichweite von 480 km, gebaut im eigenen Tesla-Werk in den USA. Obwohl die Fahrzeuge viel Bewunderung erhalten haben, machte das Unternehmen Tesla Motors bisher nur Verluste. Dennoch beteiligten sich verschiedene Unternehmen von in und außerhalb der Automobilindustrie an Tesla, darunter Daimler mit zehn Prozent²⁵, Toyota und Panasonic mit jeweils drei Prozent und Google (vgl. Automobilwoche 9/2012, S. 19, 24/2010, S. 20, Sauter-Servaes 2011, S. 35; Wimmer/ Schneider/ Blum 2010, S. 131, S. 178; Kleinhans o. J., S. 11).

Ende 2010 begannen die großen OEM Elektrokleinwagen auf dem deutschen Markt einzuführen. Den Anfang machten Mitsubishi, Peugeot und Citroën mit den baugleichen Fahrzeugen i-MiEV, iON und C-Zero. Zunächst wurden allerdings nur geringe Stückzahlen im Tausenderbereich verkauft, wobei die Kunden überwiegend Firmen, Behörden und Dienstleistungsunternehmen waren. Die Verkaufszahlen blieben trotz mehrerer Preissenkungen hinter den Erwartungen zurück, so dass PSA die Bestellungen

²⁵ Daimler hat seine Anteile an Tesla Motors inzwischen wieder verkauft (siehe hierzu entsprechende Ausführungen in Kapitel 4.1.2).

bei Mitsubishi im Herbst 2012 vorübergehend stoppte. Weitere Einführungen von Elektrofahrzeugen folgten seitdem bspw. von Renault, die mit insgesamt vier Z.E.-Modellen („Zero Emission“) in unterschiedlichen Fahrzeugklassen über das bisher breiteste Angebot an Elektroautos verfügen. In Deutschland gibt es seit Ende 2011 den Kleinlieferwagen Kangoo, seit Anfang 2012 die Mittelklasse-Limousine Fluence Z.E. und wenig später den Leichtkraft-Zweisitzer Twizy sowie seit Ende 2012 den Kompaktwagen Zoe. Twizy und Zoe wurden nicht auf Basis eines konventionellen Modells sondern neu entwickelt. Renault kombiniert den Verkauf von Elektroautos mit dem innovativen Geschäftsmodell des Batterie-Leasings. Renault investiert mehr als andere Hersteller in Elektromobilität, mit dem Ziel weltweit der größte Anbieter zu werden, und verzichtet dafür komplett auf Hybridfahrzeuge. Renaults Allianzpartner Nissan führte das Elektroauto Leaf im Frühjahr 2012 in Deutschland ein, nachdem der Leaf bereits Anfang 2011 in mehreren anderen, europäischen Ländern eingeführt worden war (vgl. Automobilwoche 2010-2012; Handelsblatt 2011b, S. 27).

Die Strategien zur Elektrifizierung von Fahrzeugen und für Elektromobilität der deutschen OEM weisen in drei Richtungen. Eine erste Strategie ist die schrittweise Hybridisierung von Fahrzeugen bis hin zur Konzeption von Plug-In-Hybridfahrzeugen mit Range-Extendern. Durch Hybridtechnologien wird der Nachteil der geringen Reichweite rein batterieelektrischer Fahrzeuge ausgeglichen. Allerdings haben diese Technologien den Nachteil, dass durch den zusätzlichen Antrieb die Fahrzeuge komplexer und damit teurer und schwere werden. Die rein elektrische Reichweite wird dadurch deutlich eingeschränkt (vgl. Kap. 3.3.1). Eine zweite Strategie sind kleine Elektroautos für urbane Räume und kurze Wege, die keine großen Reichweiten benötigen. Die Einführung kleiner, elektrischer Stadtautos wird teilweise durch neue Geschäftsmodelle begleitet (vgl. Lerch/ Kley/ Dallinger 2010, S. 3 f.). Eine dritte Strategie folgt dem Beispiel von Tesla mit der Entwicklung leistungsstarker Elektrosporthwagen. Diese Strategie folgt in erster Linie keinen wirtschaftlichen Überlegungen, sondern dient den OEM dazu ihr Können und ihre technische Überlegenheit bei Premium- und Sportwagen zu demonstrieren.

Der Einsatz von Hybridtechnologien fand bei den deutschen OEM im Vergleich zur internationalen Konkurrenz spät statt. BMW führte 2007 Mikrohybridtechnologien zusammen mit anderen Technologien, die der Emissionsvermeidung dienen, wie bspw. die Reduktion des Reifenrollwiderstands, unter dem Label „EfficientDynamics“ ein. Die EfficientDynamics-Technologien werden serienmäßig in allen neuen Modellen von BMW eingesetzt. Ähnliche Konzepte und Label für Mikrohybridtechnologien gibt es inzwischen bei den meisten OEM (vgl. Canzler/ Knie 2009, S. 18). 2009 bot Daimler als erster, deutscher OEM ein Mildhybridfahrzeug, den S 400 Blue Hybrid an (vgl. Automobilwoche 3/2012, S. 64; Leschus et al. 2010, S. 58). BMW brachte ein Jahr nach Daimler zwei weitere Hybridfahrzeuge, dem Mildhybrid BMW ActiveHybrid 7 und dem Vollhybrid BMW ActiveHybrid X6. Während BMW und Daimler überwiegend auf Mikro- und Mildhybridfahrzeuge setzen, werden beim

VW-Konzern eher Vollhybridtechnologien eingesetzt. Dafür wurde ein modulares Hybridsystem entwickelt, das für verschiedene Modelle mehrerer Marken verwendet werden kann. VW war lange Zeit eher zurückhaltend beim Einsatz von Hybridtechnologie. Auch Audi führte Hybridfahrzeuge relativ spät ein: Audi Q5 in 2011, Audi A6 im März 2012 und Audi A8 im Juni 2012 (vgl. Automobilwoche 21/2012, S. 26, 9/2012, S. 20; Schade et al. 2012, S. 103). VW startete 2011 ebenfalls mit der Markteinführung von Hybridfahrzeugen, zunächst beim SUV Touareg. Im selben Jahr führte auch Porsche den SUV Cayenne als Hybridvariante ein (vgl. Dudenhöffer 2010, S. 4).

Die oben genannten Hybridfahrzeuge der deutschen OEM wurden nach dem Conversion Design entwickelt, d. h. es handelt sich um Hybridvarianten konventioneller Fahrzeuge. Ein Beispiel für ein Purpose Design-Konzept ist der Kompaktwagen Ampera, mit dem der GM-Tochter Opel ein früher Serienstart zum Jahreswechsel 2011/2012 mit einem Plug-In-Hybridauto mit Range-Extender auf dem deutschen Markt gelang. Wegen Sicherheitsproblemen mit der Batterie verzögerte sich der Verkaufsstart zunächst um einige Monate. Der Opel Ampera wurde gleichzeitig mit dem baugleichen Modell Chevrolet Volt, die beide in Detroit produziert werden, eingeführt. Allerdings blieben auch die Verkaufszahlen von Ampera und Volt hinter den Erwartungen zurück ähnlich wie bereits bei den Elektroautos von Mitsubishi und PSA (vgl. Automobilwoche 2009-2012; Handelsblatt 2011b, S. 26 f.).

Der Trend zu elektrischen Kleinwagen wurde von den deutschen OEM deutlich schneller aufgegriffen als der Trend zu Hybridautos. Obwohl Kleinwagenvarianten mit Elektroantrieb relativ schnell entwickelt wurde, erprobten die deutschen OEM diese zunächst relativ lange in Testflotten. Die Einführung erfolgte deshalb zwei bis drei Jahre nach den Elektrofahrzeugen der internationalen Konkurrenz. Der erste große, deutsche OEM, der sich mit einem Elektroauto auf den Markt wagte, war Daimler mit einem elektrisch angetrieben Smart. Der Smart Electric Drive war zum ersten Mal 2007 in London bei ausgewählten Geschäftskunden getestet worden. Die zweite Modellgeneration wurde ab 2009 in 18 Ländern in Flottentests erprobt. Seit Herbst 2012 wird die dritte Generation des Smart ED erstmals auch an Privatkunden verkauft. Damit hat die Erprobungsphase insgesamt fünf Jahre gedauert. Die Batterie kann entweder geleast oder wahlweise mit einem Sale&Care-Paket mit Zehnjahresgarantie gekauft werden. Zielgruppe in Deutschland sind überwiegend gewerbliche und Flottenkunden (vgl. Automobilwoche 14/2012, S. 11; Handelsblatt 2011b, S. 26 f.). Der Smart ED ist das erste Fahrzeug, das unter dem Label „*Electric Drive*“ von Daimler vermarktet wurde. Ein weiteres ED-Modell ist bspw. eine vollelektrische B-Klasse (vgl. Automobilwoche 15/2012, S. 21).

Auch BMW führte 2009 bis 2010 Flottentests mit einer elektrischen Variante des Mini durch (vgl. Dispan 2010, S. 40 f.). Wichtiger für die Strategie bei Elektroautos ist aber, dass BMW eine eigene Submarke, „BMW i“, für Elektroautos gründete und diese nach dem Purpose Design als solche neu konzipiert. Eine große Bedeutung kommt dabei Leichtbaukarosserien zu, die gemeinsam mit dem Joint Venture-Partner SGL Carbon entwickelt werden. Damit verfolgt BMW die konsequenteste

Elektrofahrzeug-Strategie aller deutschen OEM. Als erstes BMW i-Modell kam Ende 2013 der BMW i3 auf den Markt. BMW bietet zu den i-Modellen ein Rundum-sorglos-Paket „360° Electric“ mit einer Wallbox für ein beschleunigtes Aufladen zu Hause, Laden an öffentlichen Ladesäulen, einem Wartungssystem und einem erweitertem Mobilitätskonzept mit Mietoptionen für konventionelle Autos sowie die Teilnahmen an DriveNow und ConnectedDrive für die multimodale Routenplanung an. Der BMW i3 wird als reines Elektroauto und mit Range Extender-Technologie angeboten (vgl. Automobilwoche 25/2012, S. 4, 14-15/2012). Durch die Range Extender-Variante wurden die Möglichkeiten des Purpose Designs beim BMW i3 weniger ausgenutzt als dies bei einer Beschränkung auf ein reines Elektroauto möglich gewesen wäre.

Der VW Konzern war lange deutlich zurückhaltender bei der Entwicklung elektrischer Antriebe und von Elektroautos als Daimler, BMW, Opel oder Ford. Bis Ende 2013 konnte dieser Rückstand allerdings weitgehend reduziert werden, so dass VW etwa zeitgleich mit BMW sein erstes Elektroauto einführte. VW setzt wie Daimler das weniger radikale Conversion Design ein und brachte als erstes eine elektrische Variante des Kleinwagen e-up!. Das kommunizierte Ziel von VW ist dennoch durchaus ambitioniert: Für 2018 strebt VW die Marktführerschaft im Bereich der Elektromobilität an (vgl. Automobilwoche 4/2012, S. 14; Schade et al. 2012, S. 104, Dudenhöffer 2010, S. 7). Die Marke VW soll innerhalb des Konzerns als Systemführer für Elektromobilität ausgebaut werden. Damit besteht für Audi als Premiumhersteller das Risiko hinter den Konkurrenten Mercedes und BMW zurückzubleiben. Bisher gibt es reine Elektroautos von Audi nur als Konzeptstudien, die ebenso wie die Hybridautos mit dem Label „e-tron“ versehen sind. Darunter der A1 e-tron als Plug-In Hybrid mit Range-Extender oder der A2 e-tron als reines batterieelektrisches Fahrzeug. Ein Fahrzeug wurde bisher unter dem Label „e-tron“ eingeführt. Seit 2014 gibt es den A3 Sportback e-tron mit Plug-In-Hybridantrieb. Trotz des Rückstands auf den Wettbewerb hat sich Audi ein ähnlich ambitioniertes Ziel gesetzt wie VW, nämlich bis 2020 im Bereich Elektromobilität führend im Premiumsektor zu sein (vgl. Automobilwoche Juni 2014; 3/2012, S. 5; Schade et al. 2012, S. 103; Handelsblatt 2011b, S. 26).

Neben Hybridfahrzeugen und kleinen Elektroautos haben Audi, BMW, Daimler, VW und Porsche die Einführung von Elektrosportwagen angekündigt. Diese sollen vor allem den Modellen von Tesla Konkurrenz machen. Allerdings sind die Elektrosportwagen der deutschen OEM als Plug-in-Hybride mit Range Extender geplant und keine reinen Elektroautos. Drei dieser Fahrzeuge wurden nach dem Conversion Design als Derivate vorhandener Fahrzeugmodelle geplant. Der SLS AMG ED von Daimler kam der Mitte 2013 in Kleinserie auf den Markt. Der Porsche 918 Spyder Hybrid hatte seinen Produktionsstart Ende 2013. Der Audi R8 e-tron war ursprünglich für Ende 2012 angekündigt, aber die Einführung wurde verschoben. BMW und VW schlagen mit ihren neu konzipierten Elektrosportwagen einen radikaleren Innovationpfad ein: Besonders überraschend war die Wiederauflage des „1-Liter-Autos“ als völlig neue Sportversion von VW, der XL1, da VW ansonsten eher zögerlich an

das Thema Elektromobilität herangeht. Weniger überraschend ist das BMW neben dem kompakten Elektroauto i3 einen Elektrosporthwagen, den i8, entwickelt hat, der im Juni 2014 eingeführt wurde (vgl. BMW 2014; Automobilwoche 2012; Schade et al. 2012, S. 103 f.).

Zusammenfassend betrachtet unterscheiden sich die Antriebsstrategien im Bereich Elektromobilität der drei großen, deutschen OEM in den folgenden Punkten:

- BMW verfolgt die konsequenteste Elektro-Strategie mit der Gründung einer eigenen Submarke, die nicht nur das Label für die elektrischen Varianten bestehender Fahrzeugmodelle ist, sondern für die Fahrzeuge neu und im Hinblick auf elektrische Antriebssysteme entwickelt werden. Eine besondere Bedeutung kommt dabei Leichtbaukarosserien zu.
- Daimler war bei der Einführung von Hybrid- und Elektroautos schneller als die deutschen Konkurrenten und verfügt deshalb über die längste Erprobungs- und Produktionserfahrung. Diese Erfahrungen fließen in die Entwicklung weiterer, elektrischer Modelle ein und bedeuten damit einen Wettbewerbsvorsprung. Außerdem profitiert Daimler im Bereich Elektromobilität von der Allianz mit Renault-Nissan. Die Elektroautos von Daimler sind Elektrovarianten herkömmlicher Serienmodelle.
- VW und Audi waren bisher am zögerlichsten bei der Einführung von Hybrid- und Elektroautos. Bei Hybridfahrzeugen setzt der VW-Konzern neben Mikrohybridtechnologien auf Vollhybridfahrzeuge, während Daimler und BMW zunächst Mildhybrid einführten. Bei Elektroautos hat VW als Marke im Konzern die Führung übernommen und mit der Einführung des e-up! die Lücke zum Wettbewerb Ende 2013 geschlossen.

Nicht nur die deutschen OEM sind dem Trend zum Elektroauto gefolgt. Teilweise sogar schneller haben verschiedene Zulieferer und wissenschaftliche Einrichtungen Technologien für Hybrid- und Elektroautos weiterentwickelt. Zwei bekannte Beispiele stammen von zwei Technischen Universitäten, die traditionell starke Verbindungen zur Automobilindustrie haben: TU München und RWTH Aachen.

Die TU München präsentierte 2011 auf der Internationalen Automobil-Ausstellung (IAA) in Frankfurt das Elektroauto Mute. An der Entwicklung des Prototyps waren 20 Lehrstühle, verschiedene Industriepartner und Sponsoren aus der Wirtschaft, darunter BMW und Daimler, beteiligt. Das Projekt wurde von 2010 bis 2012 von der Bayerischen Forschungsförderung gefördert. Das Elektroauto Mute dient derzeit als Basis für das Forschungsprojekt Visio.M (vgl. TUM 2014; siehe auch Kapitel 4).

Auch an der RWTH Aachen wurde zusammen mit Partnern aus der Industrie ein Elektroauto unter dem Namen StreetScooter entwickelt. Ziel des Projektes war die Schaffung eines serientauglichen Elektrofahrzeugs bei minimalen Herstellungskosten. Zu diesem Zweck wurde die StreetScooter GmbH gegründet. Ein erster Prototyp des Kleinwagens Compact wurde erstmals 2011 präsentiert. Ein

zweites Modell, der kleine Lieferwagen Work, der unter anderem für die Deutsche Post entwickelt und getestet wird, soll ab Mitte 2014 produziert werden (vgl. StreetScooter 2014).

3.3.3 Status quo der Elektromobilität

Bereits im Frühjahr 2012 war der Hype um die Elektromobilität weitgehend abgekühlt. Das zeigte sich auch auf den Automobilmessen, bei denen nun wieder Autos mit effizienten Verbrennungsmotoren im Mittelpunkt standen. Die Euphorie um das vermeintlich hohe Marktpotential von Elektroautos war verflogen. Eine Befragung des Sozialforschungsinstituts Infas im Auftrag von Continental kam bspw. zu dem Ergebnis, dass der Kauf eines Elektroautos inklusive Plug-In-Hybriden mit Range-Extender und Autos mit Brennstoffzellenantrieb im Jahr 2020 nur für drei Prozent der Befragten infrage käme. Die Kaufbereitschaft scheint dabei abhängig von der Reichweite der Fahrzeuge. Je höher die angegebene Reichweite, desto größer die Kaufbereitschaft. Das wichtigste Kaufkriterium ist nach Angaben der Befragten allerdings der Anschaffungspreis (vgl. Automobilwoche 1-2/2012, S. 16, 6/2012, S. 12).

Trotz des Endes des Hypes nimmt Elektromobilität in der Diskussion um alternative Antriebssysteme inzwischen einen festen Platz ein. Fast alle OEM planen oder haben bereits ein oder mehrere Elektroautos in ihrem Produktportfolio. Dennoch bleiben die OEM zurückhaltend. Obwohl die Erfolge der Hybridtechnologie gezeigt haben, dass alternative Antriebskonzepte erfolgreich sein können, kommt die Revolution des automobilen Antriebssystems nur langsam in Gang. Von einer Ablösung des Verbrennungsmotors durch alternative Technologien scheint die Automobilindustrie noch weit entfernt. Hybridtechnologien stellen zwar eine Elektrifizierung des Antriebs dar, sind aber eher inkrementelle Innovationen, bei denen der Verbrennungsmotor als zentraler Teil des Antriebssystems beibehalten wird. Bei reinen Elektroautos handelt es sich dagegen um radikale Innovationen, die das Antriebssystem grundlegend verändern und den Verbrennungsmotor überflüssig machen. Die Skepsis der OEM gegenüber radikalen Innovationen lässt sich mit den bereits getätigten Investitionen in die Verbrennungsmotortechnik und der Pfadabhängigkeit der Technologieentwicklung, die mit dem Aufbau entsprechender Kompetenzen einhergeht, erklären. Das trifft vor allem auf die deutschen OEM zu, die bei Verbrennungsmotoren einen Technologievorsprung besitzen, wobei diese einen wesentlichen Teil ihrer Wertschöpfung ausmachen. Dementsprechend zurückhaltend sind die OEM mit Investitionen in radikal neuen Antriebssysteme und Fahrzeuge (vgl. Barthel et al. 2010, S. 23 ff.; Zapata/ Nieuwenhuis 2010, S. 14 ff; Radics o. J., S. 14 f.).

Die OEM verfolgen Elektromobilitätsstrategien auch, um politischen Regulierungen z.B. der CO₂-Grenzwerte zu begegnen (siehe Kapitel 3.2.3). Die Kaufbereitschaft der Kunden wird von vielen OEM

allerdings kritisch bewertet. Im Vergleich mit den Leistungseigenschaften eines konventionellen Fahrzeugs bedeutet ein Elektroauto eine Umstellung des Nutzungsverhaltens, die nicht von allen Kunden akzeptiert würde. Die Vorteile der konventionellen Fahrzeuge liegen aus ihrer Perspektive auf der Hand: Das dichte, weltweite Tankstellennetz sichert überall die Versorgung mit Kraftstoff. Die wahrgenommene Wirtschaftlichkeit macht das Automobil durch vergleichsweise geringe Anschaffungskosten, Versicherungs- und Wartungskosten für fast jeden finanzierbar. Die hohe Varianten- und Ausstattungsvielfalt ermöglicht die Anpassung an individuelle Bedürfnisse. Die hohe Qualität und Zuverlässigkeit garantiert einen weitgehend pannenfreien Einsatz im Alltag. Nicht zuletzt tragen der hohe Bekanntheitsgrad und die Vertrautheit mit dem Produkt zur Bevorzugung von Autos mit Verbrennungsmotoren bei. Konventionelle Fahrzeuge schaffen bei den Kunden objektiv betrachtet allerdings ein Bedürfnis nach Funktionsräumen, die im Normalfall gar nicht nachgefragt werden und im Alltag nicht notwendig sind. Solange versucht wird mit Elektroautos die Leistungsmerkmale von Autos mit Verbrennungsmotor zu kopieren, werden Elektroautos im Vergleich schlechter bewertet werden (vgl. NPE 2012, S. 37 ff.; Canzler/ Wentland/ Simon 2011, S. 15 f.; Sauter-Servaes 2011, S. 37 f.).

Die Stimmung bei den Kunden scheint sich allerdings langsam zu ändern. Zunehmend werden den Kunden die tatsächlichen Kosten – finanziell wie ökologisch – ihrer Autos mit Verbrennungsmotor bewusst und sie fordern verbrauchsärmere und umweltfreundlichere Produkte. Außerdem tragen die zunehmende Verbreitung mobiler, internetfähiger Geräte wie Smartphones und Tablets sowie neue Mobilitätsdienstleistungen wie flexibles Carsharing dazu bei, dass eine spontanere Nutzung und die Kombination verschiedener Verkehrsmittel einfacher und zunehmend zu einer Alternative zum Pkw-Besitz werden (vgl. Scholl et al. 2010, S. 16).

Die Wachstumsraten bei Elektrofahrzeugen sind enorm, aber im Vergleich zum Gesamtmarkt und erst recht im Vergleich zum Pkw-Bestand ist die Zahl der Elektroautos sehr gering. Im Januar 2012 hatte sich der Bestand an Elektroautos im Vergleich zum Vorjahr fast verdoppelt. 2013 setzte sich dieser Trend fort. Es wurden doppelt so viele Elektro-Pkw (6.051) neu zugelassen wie 2012. In 2014 stieg der Bestand der Elektro- und Hybrid-Pkw erneut um 8.522 (Elektro) und 27.435 (Hybrid) Fahrzeuge. Am ersten Januar 2015 waren 18.423 Elektroautos und 107.754 Hybridautos in Deutschland zugelassen. Dem gegenüber steht ein Bestand von ca. 44 Mio. Autos mit Verbrennungsmotor. Weltweit wächst die Zahl der Neuzulassungen insgesamt deutlich schneller als die Zahl der Elektroautos (vgl. KBA 2015a, b, 2014a, b; Automobilwoche 21, Oktober 2012, S. 18).

Die meistverkauften Elektroautos in Deutschland in 2013 waren Smart Fortwo ED, Renault Zoe und Nissan Leaf (vgl. KBA 2014c). Tabelle 3.4 gibt eine Übersicht der 2013 in Deutschland verfügbaren und geplanten Elektroautos u. a. mit Angaben zum Zeitpunkt der (geplanten) Markteinführung und dem Fahrzeugsegment.

Tabelle 3.4: Marktübersicht Elektroautos 2013: Welche Elektroautos kann ich in 2013 kaufen?

	Markteinführung	Leistung in kW	Batterie in kWh	Reichweite in km	Höchstgeschwindigkeit in km/h	Preis, ab €
Leichtkraftfahrzeuge						
Renault Twizy	März 2012	4-13	6,1	100	45-80	6.990,00 €
Kleinstwagen						
Bluecar Pininfarina	Mitte 2012	50	30	250	130	330 € / Monat
Citroen C-Zero	Dezember 2010	49	16	150	130	29.393,00 €
Karabag New 500E (Fiat 500)	k.A.	20	11	100	105	34.999,00 €
Mia (Mia Electric)	Anfang 2012	18	8-12	80-125	100	24.054,00 €
Mitsubishi i-MIEV	Dezember 2010	49	16	150	130	29.300,00 €
Peugeot ION	Dezember 2010	49	16	150	130	29.393,00 €
Smart Fortwo electric drive	Mitte 2012	55	17,6	145	125	18.910,00 €
Volkswagen E-Up	Ende 2013	60	k.A.	150	130	k.A.
Kleinwagen						
Cetos (German E-Cars)	2012	60	k.A.	120	130	43.733,00 €
Renault Zoe	März 2013	65	22	210	135	20.600,00 €
Stromos (German E-Cars)	2010	56	k.A.	120	130	37.485,00 €
Kompaktklasse						
BMW i3	Ende 2013	125	k.A.	160	k.A.	k.A.
Chevrolet Volt	November 2011	111	16	80	161	42.950,00 €
Nissan Leaf	April 2012	80	24	175	145	33.990,00 €
Opel Ampera	Januar 2012	111	16	80	161	45.900,00 €
Renault Fluence	Januar 2012	70	22	185	135	25.950,00 €
Volkswagen Golf Blue E-Motion	Ende 2013	85	26,5	150	135	k.A.
Mittel- und Oberklasse						
Fisker Karma	Juni 2011	300	20	80	153	108.900,00 €
Ford Focus Electric	2. Jahreshälfte 2013	92	23	k.A.	136	k.A.
Tesla Model S	Frühling 2013	270-310	40-85	257-482	177-210	71.400,00 €
Sportwagen						
Mercedes-Benz SLS AMG E-Cell	Juni 2013	552	60	k.A.	250	416.500,00 €
Tesla Roadster	März 2008	225	56	340	201	101.700,00 €
Kleintransporter / Kleinbus						
Mercedes-Benz Vito E-CELL (Kombi)	April 2011	60	36	130	80	k.A.
Renault Kangoo ZE	Oktober 2011	44	22	170	130	20.000,00 €

Quelle: GreenGear 2014

Unter den 25 verfügbaren (oder geplanten) Modellen sind nur sieben der großen, deutschen OEM BMW, Daimler, Opel und VW. Die meisten Elektroautos sind Kleinst- und Kompaktwagen, obwohl in jedem Fahrzeugsegment inzwischen Elektroautos verfügbar sind, außer als SUV oder Van. Sowohl im Kleinstwagen-, im Kompaktwagen- als auch im Sportwagensegment waren die großen, deutschen

OEM langsamer als der Wettbewerb bei der Markteinführung von Elektroautos. In vielen Bereichen, vor allem auch im prestigeträchtigen Sportwagensegment, sind weitere Einführungen geplant, aber bisher nur selten realisiert (siehe Kapitel 3.3.2). Eine schnellere Markteinführung gelang beim Plug-In-Hybridauto mit Range-Extender Opel Ampera, der bereits seit Anfang 2012 verfügbar ist, und beim Kleintransporter Mercedes-Benz Vito E-CELL, der sogar schon seit Frühjahr 2011 verfügbar ist.

Inzwischen wurde außerdem der Sportwagen BMW i8 und der Mercedes-Benz B-Klasse Sports Tourer ED eingeführt (vgl. Mercedes-Benz 2015; BMW 2014).

Als eine wesentliche Zielgruppe für Elektrofahrzeuge werden Flotten gesehen. Tatsächlich begünstigen gewerbliche Zulassungen das Wachstum der elektrischen Fahrzeugflotte in Deutschland. Sechs von sieben Elektroautos wurden 2013 gewerblich zugelassen. Dennoch kam das gewerbliche Flottenleasing mit Elektrofahrzeugen langsamer in Gang als gehofft. 2012 verleaste Athlon Car Lease Germany mit etwas über 200 die meisten Elektroautos. Bei anderen Leasingunternehmen blieben die Zahlen zweistellig. Da es kaum Erfahrungen mit dem Wiederverkauf von Elektroautos gibt, ist das Restwertisiko vergleichsweise hoch und wirkt auf gewerbliche Kunden abschreckend. Händler und Leasingfirmen garantieren deshalb oftmals eine risikolose Rücknahme und die Übernahme des Restwertrisikos (vgl. KBA 2014c; Automobilwoche 9/2012, S. 18; NPE 2010, S. 33 f.).

Ob die Einführung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen und Ausweitung der elektrischen Produktpalette, die aktuell von den OEM angekündigt und von der Bundesregierung unterstützt wird, tatsächlich im geplanten Zeitrahmen – bis zum Jahr 2020 – die versprochene Kehrtwende der Antriebstechnologie nach sich zieht, bleibt fraglich. Der deutsche Markt für Elektromobilität bleibt derzeit hinter den internationalen Märkten zurück. Besonders dynamisch wachsen die Märkte für Elektrofahrzeuge in den USA, Japan, China und Frankreich. Erst an fünfter Stelle kommt Deutschland. Ein besonders großes Marktpotential wird in den Megacities Chinas gesehen. China hat im Vergleich zu anderen Ländern einerseits einen geringen Motorisierungsgrad und eine wachsende Wirtschaftsleistung, andererseits ist die Luftverschmutzung in den chinesischen Großstädten bereits heute so gravierend, dass die Regierung regulierend in den Verkehr eingreift und Elektroautos damit unterstützt. Die chinesische Regierung tätigt sehr hohe Investitionen im Bereich Elektromobilität, die sich vor allem gezielt auf den chinesischen Hersteller BYD (*Build Your Dream*) richten. Während das Sozialforschungsinstitut Infas für 2020 in Deutschland nur einen Marktanteil von drei Prozent für Elektroautos prognostiziert, liegt dieser in China potentiell bei 14 Prozent (vgl. Schott et al. 2013, S. 5 f.; Automobilwoche 9/2012, S. 16; 1-2/2012, S. 16; Dudenhöffer 2010, S. 8 f.).

Elektromobilität stellt eine radikale Systeminnovation dar, die sich als gradueller Transformationsprozess vollzieht. Als Systeminnovation betrifft Elektromobilität sämtliche Innovationssysteme der Automobilindustrie. Das traditionelle Paradigma, das bisher die Entwicklungsrichtung geprägt hat,

sieht das Antriebssystem mit Verbrennungsmotor als „Herzstück“ des Automobils. Elektrische Antriebssysteme machen allerdings Verbrennungsmotoren zunehmend überflüssig. Antriebssysteme mit Verbrennungsmotoren werden damit zu einer Alternative unter mehreren und wären nicht länger alternativlos. Sollte sich Elektromobilität erfolgreich durchsetzen, d. h. sollten sich Elektrofahrzeuge und neuen, auf Elektromobilität basierenden Mobilitätskonzepten erfolgreich auf dem Markt etablieren, kann diese als systemische Basisinnovation gelten und würde auch einen Wandel des gängigen, technologischen Paradigma der Automobilindustrie bedeuten. Dieser Wandel hätte weitreichende Folgen für die gesamte Automobilindustrie und ihre Innovationssysteme (vgl. Beaume et al. 2011; Rammler 2011; Braun-Thürmann 2005; S. 38 ff.)

Die etablierten Akteure der Innovationssysteme müssen sich auf diesen Wandel einstellen, indem sie bspw. neue Produkte entwickeln, neue Kompetenzen ausbilden, aber auch in Interaktion mit neuen Akteuren treten, die vormals kein oder ein wenig bedeutender Teil der Innovationssysteme waren. Dies sind zum einen neue OEM und Zulieferer, die einen Kompetenzvorsprung im Bereich elektrischer Antriebe und Komponenten haben und deshalb zu wichtigen Partnern im Innovationsprozess werden. Zum anderen handelt es sich um Akteure aus anderen Wirtschaftssektoren, z. B. aus dem Energieversorgungs- und Infrastrukturbereich, die einen wesentlichen Anteil an der Verbreitung von Ladeinfrastruktur und der Stromversorgung der Fahrzeuge haben. Hinzu kommen neue Akteure aus der Wissenschaft und Politik. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit, z. B. der Bereiche Fahrzeugtechnik sowie Elektrotechnik und Elektronik, aber auch mit anderen Bereichen wie Materialwirtschaft, Informatik, Bauingenieurwesen und Städtebau, Chemie, Physik, Verkehrsforschung sowie Wirtschaft- und Sozialwissenschaften, sind eine wichtige Voraussetzung für die Diffusion der Elektromobilität. Der Zusammenhang verschiedener Politikbereiche wie Wirtschaft, Industrie, Energie, Umwelt und Verkehr wird ebenfalls enger. Fördermaßnahmen und Regulierungen verschiedener Bereiche greifen zunehmend ineinander. Die Auswirkungen des Wandels der Automobilen hin zu einer elektromobilen Wertschöpfungskette und die damit verbundenen Veränderungen der Innovationssysteme werden im folgenden Kapitel 4 analysiert.

Elektromobilität ist mehr als die Elektrifizierung des Fahrzeugantriebs. Hybridtechnologien und nach dem Conversion Design konzipierte Elektroautos stellen nur erste Schritte in Richtung von Elektromobilität dar. Weitere Schritte sind die Neukonzeption von Elektroautos wie bspw. dem BMW i3 sowie die Entwicklung und der Ausbau einer Strom- und Ladeinfrastruktur, die einerseits den Bedürfnisse nach Versorgungssicherheit entgegen kommt, andererseits eine intelligente Nutzung erneuerbarer Energien ermöglicht. Elektromobilität bedeutet auch die Entwicklung neuer Nutzungsformen, die den Eigenschaften der Elektroautos gerecht werden, und die Gestaltung tragfähiger Geschäftsmodelle sowie inter- und multimodaler Mobilitätskonzepte (vgl. Beaume et al. 2011; Canzler/ Knie 2010).

Der Wandel hin zur Elektromobilität und der damit verbundene Wandel der Innovationssysteme ist ein gradueller, d. h. langwieriger Prozess, der sich voraussichtlich über mehrere Jahrzehnte hinziehen wird. Der erste Hype der Elektromobilität und damit die erste Euphorie neuer Wachstumsmärkte für die Automobilindustrie sind vorüber. Damit weichen überzogenen Prognosen realistischeren Einschätzungen der Marktentwicklung. Die Wirtschaft, aber auch die Wissenschaft und Politik stellen sich auf eine längere Übergangsphase ein. Das äußert sich in multioptionalen Antriebsstrategien, langfristig angelegten Forschungs-, Erprobungs- und Qualifizierungsprogrammen und politischen Maßnahmen, die auf eine Stabilisierung und Integration der Förderung von Elektromobilität ausgerichtet ist. Elektromobilität wird eine Reihe von Folgeinnovationen auf gesellschaftlicher, d. h. sozialer, wirtschaftlicher, politischer, organisatorischer und kultureller Ebene nach sich ziehen. Die genaue Richtung dieser Entwicklung ist weder steuer- noch vorhersagbar. Es handelt sich um einen weitgehend koevolutionären Prozess, der durch die verschiedenen Akteure nur bedingt gesteuert und dessen Verlauf nicht vorhergesagt werden kann. Komplexe, gesellschaftliche Beziehungen und Wechselwirkungen sorgen dafür, dass die Akteure ihre Innovationsaktivitäten stets neu bewerten und aneinander ausrichten müssen. Wie bei allen gesellschaftlichen Innovationen gibt es keine linearen Ursache-Wirkungs-Beziehungen. Elektromobilität ist ebenso Folge wie Ursache zahlreicher, gesellschaftlicher Veränderungsprozesse.

4. Strukturwandel durch Elektromobilität

In diesem Kapitel werden die strukturellen Veränderungen in der deutschen Automobilindustrie mit Fokus auf die betroffenen Innovationssysteme analysiert. Der Strukturwandel durch Elektromobilität lässt sich in den verschiedenen, gesellschaftlichen Funktionssystemen beobachten. Zunächst wird der Wandel innerhalb der Wirtschaft betrachtet. Dort bewirkt er Veränderungen in der automobilen Wertschöpfungskette. Veränderungen in der Wirtschaft lösen auch Veränderungen in der Wissenschaft aus oder werden von Veränderungen, zum Beispiel Forschungsergebnissen, im Wissenschaftssystem verursacht. Die Veränderungen beeinflussen auch die Strukturen der Innovationssysteme, die wiederum selbst Auslöser von Strukturwandel in verschiedenen Funktionssystemen sein können. Der Strukturwandel der Funktions- und Innovationssysteme wirkt sich auf einzelne Organisationen des Wirtschaftssystems, z.B. OEM, Zuliefer- und Dienstleistungsunternehmen, Organisationen des Wissenschaftssystems und des Politiksystems aus. Sofern eine Beziehung zwischen Organisationen verschiedener Systeme besteht, kann von einer koevolutionären Entwicklung ausgegangen werden.

Die Wertschöpfungs- und Innovationsprozesse für Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb müssen anders organisiert werden als die für Fahrzeuge mit konventionellen Antriebssystemen, da wesentliche Komponenten im Antriebsstrang ersetzt werden. Während der technische Kern herkömmlicher Antriebssysteme der Verbrennungsmotor ist, sind bei Elektroautos andere Komponenten von Bedeutung, z. B. Traktionsbatterien, Leistungselektronik und Energiemanagementsysteme. Die Bedeutung anderer Technologien, denen bisher kaum Aufmerksamkeit innerhalb der Innovationssysteme der Automobilindustrie entgegen gebracht wurde, nimmt zu. Andere Kompetenzen werden bedeutsam, die außerhalb der etablierten Systeme liegen, so dass zunehmend branchenfremde Akteure in die Innovations- und Wertschöpfungsprozesse mit einbezogen werden müssen. In Kapitel 4.1 werden zunächst die Veränderungen, die durch neue Technologien, andere Energiequellen und andere Fahrzeugfunktionalitäten in der automobilen Wertschöpfungskette entstehen, diskutiert und die Auswirkungen auf das Wirtschaftssystem beschrieben.

Mit dem Wandel der Wertschöpfungskette bzw. um diesen bewältigen zu können, öffnen sich die Innovationssysteme der Branche für neue Akteure, beispielsweise aus anderen Branchen. Das Einbeziehen neuer Akteure stellt die Systeme vor die Herausforderung deren Erwartungen in ihre Strukturen zu integrieren. Dadurch bilden sich einerseits neue Systeme und Subsysteme, andererseits passen etablierte Systeme ihre Strukturen an die neuen Bedingungen an. Dabei stößt Strukturwandel in etablierten Systemen in der Regel auf Widerstand, die entweder zu Resistenzen führen, eine Anpassung verhindern oder eine Anpassung verzögern. Die neuen Systeme konkurrieren

mit den etablierten Systemen um Macht und Ressourcen. Es entstehen Chancen für neue Akteure, sich entweder in die bestehenden Systeme zu integrieren und als neue Partner zu etablieren oder die Lücken, die durch mangelnde Anpassung der etablierten Systeme entstehen, zu füllen. Insgesamt werden die Strukturen der Innovationssysteme durch diese Entwicklungen komplexer und differenzieren sich weiter aus. Die organisatorische Integration der verschiedenen Teilsysteme stellt somit eine wesentliche Herausforderung dar.

Interessant zu beobachten sind vor allem die neuen Strukturen und Kooperationsformen zwischen Organisationen, die sich als Reaktion auf die neuen Herausforderungen, die Veränderungen und Ausdifferenzierung der Innovationssysteme bilden. Innerhalb der Wirtschaft bilden sich neue strategische Allianzen, die Wettbewerbsvorteile sichern und Risiken minimieren sollen. Zulieferunternehmen gewinnen als Systemlieferanten für elektrische Antriebssysteme und Komponenten an Bedeutung. Ihr Anteil an der Wertschöpfung nimmt weiter zu. Gleichzeitig versuchen die OEM durch den Aufbau von Kompetenzen in verschiedenen Bereichen des elektrischen Antriebssystems wegfallende Wertschöpfungsanteile zu ersetzen. Neue Branchenteilnehmer und branchenfremde Organisationen werden zwar teilweise mit Skepsis betrachtet, aber zunehmend auch in Innovationsaktivitäten eingebunden. Start-ups drängen mit neuen Produkten und Geschäftsidee auf den Markt. Branchenfremde Unternehmen verfügen über Kompetenzen, die zunehmend an Bedeutung gewinnen, besonders auf dem Gebiet der Entwicklung und Produktion von Traktionsbatterien, der Integration von Leistungselektronik, dem Energiemanagement im Antriebssystem, der Entwicklung und dem Aufbau von Infrastruktur sowie den passenden Schnittstellen und der Erprobung neuer Mobilitätskonzepte.

Eine Reihe neuer Kooperationen, Kooperationsvorhaben und strategischer Partnerschaften lassen sich in verschiedenen Bereichen der Wertschöpfungskette beobachten. Neben den Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette, z. B. zwischen OEM und Zulieferern, finden sich vermehrt auch Kooperationen zwischen Wettbewerbern, z. B. zwischen verschiedenen OEM. Hinzu kommen neue Kooperationspartner: Start-ups oder Unternehmen aus anderen Branchen wie Batteriehersteller, Energieversorger, Autovermietungen oder Carsharinganbieter, aber auch Stadtverwaltungen und Kommunen, wissenschaftliche Institute und Forschungseinrichtungen, die bisher wenig bis gar nicht mit der Automobilindustrie zusammengearbeitet haben.

Parallel zum Strukturwandel des Wirtschaftssystems vollzieht sich ein Wandel des Wissenschaftssystems. Viele Institute und Forschungseinrichtungen sind auf die Weiterentwicklung von Technologien, Produkten und Prozessen der Automobilindustrie spezialisiert. Im Wissenschaftssystem entstehen Erfindungen und Entwicklungen, die den Wandel im Wirtschaftssystem in Ausmaß, Dynamik und Richtung beeinflussen. Innerhalb der Wissenschaft bilden sich interdisziplinäre Kooperationen und Forschungsverbände im Bereich Elektromobilität, denn dieser Bereich kann keiner

der klassischen Disziplinen alleine zugeordnet werden, da es sich um eine komplexe, systemische Innovation handelt. Die Universitäten und Forschungseinrichtungen bemühen sich zunehmend um eine Systematisierung der Forschungsaktivitäten zur Elektromobilität in interdisziplinären Forschungszentren. Der Strukturwandel im Wissenschaftssystem und die daraus entstehenden neuen Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft werden in Kapitel 4.2 thematisiert.

Für neue Kooperationen innerhalb und zwischen den Funktionssystemen gilt, dass ihre Funktionsfähigkeit von Ausmaß der Wissensproduktion und des Wissensaustauschs abhängt. Kooperationen werden aufrechterhalten, solange die gemeinsame Wissensproduktion und -verwertung für alle Beteiligten vorteilhaft ist. Die Risiken des Scheiterns liegen beispielsweise in der Asymmetrie der Beziehungen, der mangelnden Kooperationsfähigkeit der Akteure, das heißt der Fähigkeit der Organisationen ihre Strukturen an die Erwartungen ihrer Partner anzupassen, oder einer fehlenden wahrgenommenen Nutzen der Kooperation. Die neuen Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft im Bereich Elektromobilität richten sich entlang der elektromobilen Wertschöpfungskette aus und widmen sich Technologien und Entwicklungen in einem oder mehreren Wertschöpfungsschritten.

Bei der Vermarktung und dem Vertrieb von Elektrofahrzeuge haben die meisten OEM wenig bis gar keine Erfahrung. In Deutschland wurden zur Erprobung von Elektromobilität zunächst acht Modellregionen für Elektromobilität vom BMVBS gefördert: Hamburg, Bremen/ Oldenburg, Berlin-Potsdam, Rhein-Ruhr (mit Aachen und Münster), Rhein-Main, Sachsen (mit Schwerpunkten in Dresden und Leipzig), Stuttgart und München (vgl. BMVBS 2011a). Diese Modellregionen sind ein typisches Beispiel für die Förderung und Erprobung von Elektromobilität in Deutschland. Durch die Bildung und den Ausbau regionaler Innovationssysteme sollen neue Technologien marktnah erprobt werden. Dabei erleichtert die räumliche und regionale Nähe den Aufbau neuer Subsysteme. Die Überführung in eine zweite Förderphase der Modellregionen und kurze Zeit später die Konzentration weiterer Förderung auf vier Schaufensterregionen - Baden-Württemberg, Berlin-Brandenburg, Niedersachsen, Bayern-Sachsen – gibt Anhaltspunkte für die Herausforderungen, die mit der Förderung von Elektromobilität verbunden sind. An der regionalen Erprobung in den Modellregionen sind verschiedene Branchen und Disziplinen beteiligt. Zentrale Elemente sind die Förderung von Kooperation, die Weiterentwicklung von Technologien sowie die Erschließung von Marktzugängen.

Das Triple-Helix-Modell zeigt, dass auch das politische System einen wesentlichen Anteil an dem Strukturwandel der Innovationssysteme hat. Es fördert nicht nur die einzelnen Systeme der Wirtschaft und Wissenschaft, um deren gesellschaftlichen Funktionalität zu steigern. Die politischen Akteure steht vor der Herausforderung die Innovationsaktivität im Bereich der Elektromobilität zu erhöhen, indem sie branchenübergreifende und interdisziplinäre Kooperationen, gemeinsame FuE von Wirtschaft und Wissenschaft fördern, und selbst eine aktive Rolle in den Innovationssystemen

einnehmen. Die Dynamik und Innovativität von Triple-Helix-Kooperationen, also Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, sind besonders hoch, da sich in der Interaktion der Systeme seltener Lock-In-Effekte ergeben und Pfadabhängigkeit durchbrochen werden kann. Die zunehmende Komplexität und Ausdifferenzierung der Innovationssysteme erfordern politische Programme, die dieser Komplexität gerecht werden ohne zu kleinteilig vorzugehen oder durch Überkomplexität der politischen Rahmenbedingungen innovationshemmend zu wirken. Auch in der Politik und Verwaltung ist die Einbindung neuer Akteure, die zuvor wenig mit der Automobilindustrie zu tun hatten, eine zentrale Herausforderung. Politische Akteure nehmen bei der Förderung von Elektromobilität verschiedene Funktionen ein: Sie fördern zum einen die Forschung und Markterschließung mit politischen und staatlichen Programmen auf unterschiedlichen Ebenen, zum anderen sind sie maßgeblich am Aufbau der Ladeinfrastruktur beteiligt. Zusätzlich sind sie eine der wichtigen, ersten Kundengruppen, die zur Verbreitung und Akzeptanz von Elektromobilität einen entscheidenden Beitrag leisten können. Der Strukturwandel der Innovationssysteme am Beispiel der politischen Förderung von Kooperation in den Modellregionen und Schaufenstern sowie als koevolutionärer Prozess zwischen den drei Strängen der Innovationssysteme – Wirtschaft, Wissenschaft, Politik - wird in Kapitel 4.3 dargestellt.

4.1 Strukturwandel in der Wirtschaft: Veränderungen in der automobilen Wertschöpfungskette

Der Strukturwandel in der Wirtschaft drückt sich in Veränderungen der Wertschöpfungsprozesse aus, die sich wiederum koevolutionäre zu den Strukturen der Innovationssysteme entwickeln. Die Wertschöpfungskette für Elektroautos unterscheidet sich von der klassischen Wertschöpfungskette der Automobilindustrie. In letzterer haben die OEM und viele Automobilzulieferer ihre Kompetenzen überwiegend auf das herkömmliche Antriebssystem mit Verbrennungsmotor konzentriert. Dies gilt sowohl für Produkt- als auch für Produktionstechnologien. Im Bereich elektrischer Antriebe und Systemarchitekturen von Elektroautos haben sie dagegen nur wenige Kompetenzen. Diese finden sich noch eher bei den Automobilzulieferern als bei den OEM, da diese mehr im Bereich (Fahrzeug-) Elektronik tätig sind – einem Bereich der Wertschöpfung, der von den OEM verstärkt ausgelagert wurde. So kann es Zulieferer gelingen, sich als Systemlieferanten für elektrische Antriebe und Antriebskomponenten zu etablieren und ihre Kompetenzen und Kapazitäten in diesem Bereich auszubauen. Aber auch branchenfremde Unternehmen z. B. aus den Bereichen Unterhaltungselektronik, Energieübertragung und Anlagentechnik, Leistungselektronik oder Batteriesysteme werden zunehmend Teil der neuen Wertschöpfungskette für Elektroautos. Da die deutsche Automobilindustrie

in wichtigen Schlüsseltechnologien der Elektromobilität wie Fahrzeugbatterie und fahrzeugbezogener Leistungselektronik wenige Kompetenzen besitzt, steht sie unter erheblichem Druck diese Kompetenzen aufzubauen (vgl. Canzler/ Wentland/ Simon 2011). Die Veränderungen in der automobilen Wertschöpfungskette, zunächst mit Fokus auf die vorgelagerten und zentralen („upstream“) Bereiche, werden in Kapitel 4.1.1 ausführlich dargestellt.

In Kapitel 4.1.2 werden anschließend Fallbeispiele für Kooperationen zwischen Organisationen der Wirtschaft, die sich entlang der „upstream“-Bereiche der elektromobilen Wertschöpfungskette bilden, beschrieben. Dabei werden sowohl horizontale Kooperationen, die sich entlang der Wertschöpfungskette zwischen Organisationen, die auf unterschiedliche Wertschöpfungsschritte spezialisiert sind, bilden, als auch vertikale Kooperationen, die zwischen Unternehmen, die sich auf denselben Wertschöpfungsschritt spezialisiert haben entstehen und auf dem Markt als Konkurrenten auftreten.

Herausforderungen für die deutsche Automobilindustrie bestehen nicht nur in der Entwicklung und Produktion von Elektrofahrzeugen, sondern vor allem auch in nachgelagerten („downstream“) Bereichen der Wertschöpfungskette: bspw. in der Energieversorgung der Fahrzeuge und der dafür notwendigen Ladeinfrastruktur. Beim Auf- und Ausbau einer Ladeinfrastruktur für Elektroautos kommt besonders der Energiewirtschaft eine wichtige Rolle zu. Energieversorger und Unternehmen aus der Elektronikbranche etablieren sich zunehmend als Anbieter von Ladestrom und Betreiber von Ladeinfrastruktur. So verdichten sich die Beziehungen zwischen zwei Branchen innerhalb des Wirtschaftssystems, die zuvor wenige Berührungspunkte hatten (siehe Kapitel 4.1.3).

Eine weitere, wichtige Herausforderung stellen neue Vertriebsmodelle und Vermarktungsstrategien für Elektroautos dar. Die traditionell produktorientierten Verkaufsstrategien der OEM lassen sich nicht eins zu eins auf Elektroautos übertragen, deren Funktionalitäten eine andere Nutzung der Fahrzeuge impliziert. Innovative Mobilitätsdienstleistungen zielen einerseits auf eine veränderte Form der Nutzung wie z.B. Carsharing und gewerblich genutzte Pool-Fahrzeuge für Fahrten mit geringen Reichweiten, andererseits auf Reduzierung der Mehrkosten und Unsicherheiten verbunden mit den neuen Technologien. Elektromobilität verlangt eine nutzungsorientierte Ausrichtung der Vertriebs- und After-Sales-Strategien der OEM (siehe Kapitel 4.1.4).

4.1.1 Die elektromobile Wertschöpfungskette

In diesem Kapitel wird zunächst der Wandel von der herkömmlichen, automobilen Wertschöpfungskette hin zu einer „elektromobilen“ Wertschöpfungskette sowie die Reaktionen der deutschen OEM auf diese Entwicklung beschrieben. Durch das eher zögerliche Agieren der etablierten OEM ergeben

sich Lücken innerhalb der Wertschöpfungskette, die Chancen für Zulieferer, branchenfremde Unternehmen und Start-ups eröffnen. Dabei konzentrieren sich die Ausführungen zunächst auf allgemeine Veränderungen in der Wertschöpfungskette, wobei die vorgelagerten und zentralen Bereiche in diesem Kapitel genauer betrachtet werden. Die Veränderungen in den nachgelagerten Bereichen werden in Kapitel 4.1.3 und 4.1.4 genauer thematisiert.

Neue Technologiesysteme wie der elektrische Antriebsstrang und die Fahrzeugarchitektur eines Elektroautos führen zu tiefgreifenden, strukturellen Veränderungen der Wertschöpfungskette der Automobilindustrie. Mit der Umstellung der zentralen Technologien des Automobils sind grundlegende Veränderungen in Materialien, Herstellungsprozessen und Qualifikationsanforderungen verbunden, die alle Bereiche der Wertschöpfung berühren. Entsprechende technologische Innovationen verändern die gesamte, automobiler Wertschöpfungskette, aber auch die Arbeitsteilung zwischen Zulieferern und OEM. Hinzu kommen Verlagerungsprozesse von Produktions- und Entwicklungsaufgaben. Es entstehen neue Formen der Prozessorganisation in und zwischen Geschäftsfeldern und Unternehmen (vgl. Jürgens/ Sablowski 2008, S. 119; Jürgens/ Meißner 2005, S. 14, 202 f.). Kompetenzen und Geschäftsstrategien der deutschen OEM und vieler Zulieferer waren bisher im Wesentlichen auf den Antriebsstrang mit Verbrennungsmotor ausgerichtet. Elektromobilität stellt die Automobilindustrie damit vor die enorme Herausforderung, ihre Kompetenzen und Geschäftsmodelle an neue Technologien anzupassen (vgl. acatech 2010, S. 31; Jürgens/ Sablowski 2008, S. 119).

Der Trend zu alternativen Antrieben und Elektromobilität führt zu einer verstärkten Technologieunsicherheit innerhalb der Branche. Bisher ist weitgehend offen, welches technologische Konzept sich zukünftig durchsetzen und in welcher Geschwindigkeit sich dieser Wandel vollziehen wird (vgl. acatech 2010, S. 32). Die technologische Bandbreite reicht, wie in Kapitel 3.3.1 dargestellt, von verschiedenen Hybridtechnologien über rein batterieelektrische Fahrzeuge bis hin zu Brennstoffzellenfahrzeugen, aber auch im Bereich der batterieelektrischen Fahrzeuge gibt es verschiedene Technologievarianten, z. B. je nach verwendeter Batterietechnologie. Dabei sind verschiedene Marktszenarien denkbar, in denen Elektroautos sehr unterschiedliche Rollen spielen von der neuen Schlüsseltechnologie bis hin zu einer Nischenlösung für spezielle Anwendungsbereiche. Entsprechend unterschiedlich sind die Markterwartungen der neuen Technologien und Fahrzeuge. So besteht bei Investitionen in elektromobile Antriebs- und Fahrzeugkonzepte stets Unsicherheit über den resultierenden Ertrag. Hinzu kommen hohe Risiken im Hinblick auf die Beherrschung der neuen Technologien. Bei herkömmlichen Antriebssystemen haben die deutschen Automobilhersteller einen extrem hohen, technologischen Reifegrad erreicht, der bei neuen Technologien jahrzehntelang Entwicklungsarbeit bedeuten würde (vgl. acatech 2010, S. 32; Jürgens/ Meißner 2005, S. 202 f.).

Diese Unsicherheit über zukünftige Entwicklungen erzeugt einerseits Ängste und andererseits einen diffusen Handlungsdruck in den Unternehmen (vgl. Jürgens/ Meißner 2005, S. 222).

Die Wertschöpfungskette eines Elektroautos weist andere Schwerpunkte als die konventionelle, automobiler Wertschöpfungskette auf. Dabei fallen einzelne Wertschöpfungsschritte und Komponenten weg und neue Wertschöpfungsschritte und Komponenten kommen hinzu. Die Komplexität reduziert sich in manchen Bereichen der Wertschöpfungskette, während sie in anderen zunimmt. So umfasst ein konventioneller Antriebsstrang etwa 1.400 Bauteile, der elektrische Antriebsstrang ist dagegen weniger komplex. Über hundert Baugruppen entfallen. Neben dem Verbrennungsmotor fällt bspw. die komplexe Abgasanlage weg. Getriebe können viel kleiner dimensioniert werden. Von diesen Veränderungen in der Wertschöpfungskette sind nicht nur die OEM betroffen, bei denen ca. 30 Prozent Wertschöpfungsanteile entfallen, insbesondere die heutige Produktion von Motoren, Getrieben, Wasserpumpen, Ölpumpen und Abgasanlagen. Betroffen sind auch viele Zulieferer, besonders solche, die sich auf entsprechende Bereiche der Wertschöpfung und entsprechende Komponenten spezialisiert haben, die für Elektroautos nicht mehr oder in deutlich geringerem Spezialisierungsgrad oder Umfang benötigt werden. Darüber hinaus sind u. a. auch Anlagen- und Maschinenbauunternehmen sowie Gießereien stark von diesen Veränderungen betroffen (vgl. Deutsche Bank Research 2011, S. 9; Radics o. J., S. 13 f.).

Die OEM sowie die Zulieferer und Dienstleister, die im konventionellen Antriebssystem ihr Kerngeschäft haben, verlieren ihre Hauptdifferenzierungsmerkmale gegenüber dem Wettbewerb. Ihre Kernkompetenzen verlieren an Bedeutung. Sie stehen vor der Herausforderung neue, differenzierende Technologien zu entwickeln und ihre Produktportfolios mit alternativen Antriebskonzepten, spezifischen Fahrzeugkonzepten und innovativen Dienstleistungen zu erweitern. Sie müssen entsprechende Kompetenzen in diesen Bereichen aufbauen. Entscheidend dafür, wie gut diese Anpassung gelingt, ist u. a. die Verteilung der FuE-Ressourcen auf die Bereiche Elektromobilität und konventionelle Technologien (vgl. acatech 2010, S. 32; Radics o. J., S. 14). Laut einer Studie von Oliver Wyman investieren die OEM etwa ein Drittel ihres weltweiten Entwicklungsbudgets von rund 75 Mrd. Euro in Elektromobilität, während die Entwicklungsbudgets für Verbesserung der Verbrennungsmotoren in den letzten Jahren deutlich gesenkt wurden (vgl. Automobilwoche 22, Oktober 2009, S. 3). Die zunehmende Wichtigkeit alternativer Antriebskonzepte und der Elektromobilität schlägt sich so in der Verteilung von Entwicklungsbudgets nieder.

Durch die Veränderung der Wertschöpfungsanteile und die Ausdifferenzierung der automobilen Wertschöpfungskette ergeben sich nicht nur Chancen zur Erschließung neuer Geschäftsbereiche für etablierte Unternehmen der Branche sondern auch zahlreiche Möglichkeiten für neu gegründete Unternehmen oder Unternehmen aus anderen Branchen in den vormals weitgehend geschlossenen Wertschöpfungsprozess der Automobilindustrie einzutreten. Dies führt zu einer zunehmenden

Konkurrenz zwischen etablierten und neuen oder branchenfremden Akteuren (vgl. Jürgens / Sablowski 2008, S. 116 f.; Radics o. J., S. 13 f.). Upstream entwickelt sich ein neuer Markt für Komponenten elektrischer Antriebe wie Lithium-Ionen-Batterien, Elektromotoren und -generatoren, Leistungselektronik und Energiemanagementsysteme. Der Chemie- und Elektronikanteil an der automobilen Wertschöpfung liegt bei einem herkömmlichen Antrieb bei etwa 30 Prozent, bei einem Elektrofahrzeug liegt der Anteil dagegen bei etwa 80 Prozent. Dadurch ergeben sich erhebliche Wertschöpfungspotentiale für Unternehmen in diesen Bereichen. Downstream eröffnen sich ebenso zahlreiche Chancen, besonders bei der Energieversorgung, neuen Geschäftsmodellen und Mobilitätskonzepten (siehe hierzu Kapitel 4.1.3 und 4.1.4) (vgl. Deutsche Bank Research 2011, S. 8; Leschus et al. 2010, S. 3, 53; Radics o. J., S. 13 f.). Die Entwicklung und Produktion von Elektroautos erfordert völlig neue Kompetenzen und erlaubt so den Eintritt neuer Unternehmen in die Branche, während die Kernkompetenzen der OEM durch die Verschiebungen in der Wertschöpfungskette stückweise durch Kompetenzen anderer Anbieter ersetzt werden (vgl. Leschus et al. 2010, S. 53; vgl. Jürgens/Sablowski 2008, S. 119).

So werden durch den Trend der Elektromobilität die Wertschöpfungsanteile in der Automobilindustrie neu verteilt. Neue Akteure, die bisher nicht Teil der automobilen Wertschöpfungskette waren, haben nun einen wesentlichen Wertschöpfungsanteil. Abb. 4.1 zeigt, dass bei der elektromobilen Wertschöpfungskette auf allen Wertschöpfungsebenen neue Akteure hinzukommen.

Abbildung 4.1: Vergleich herkömmliche und elektromobile Wertschöpfungskette



Quelle: Lerch et al. 2010, S. 3

Die herkömmliche Wertschöpfungskette setzt sich vor allem im Bereich der Zulieferer, Dienstleister und OEM aus einem vergleichsweise geschlossenen Kreis etablierter Akteure zusammen. In der

elektromobilen Wertschöpfungskette kommen neue Konkurrenten aus anderen Branchen hinzu und das Beziehungsgefüge wird komplexer. Neben den Batterieherstellern, Elektronikunternehmen und spezialisierten Dienstleistern im upstream-Bereich, sind auch im downstream-Bereich neue Akteure zu finden: spezialisierte Händler, neue Kundengruppen, spezialisierte Werkstätten und Dienstleister, Ladeinfrastrukturbetreiber und Energieversorger. Selbst im Kerngeschäft der OEM verstärkt sich die Konkurrenz durch neue Elektroautohersteller (vgl. Lerch et al. 2010, S. 3).

Die zunehmende Konkurrenzsituation zwischen etablierten und neuen Geschäftsbereichen und Unternehmen hat unterschiedliche Auswirkungen auf die Entwicklung der Innovationssysteme: Einerseits entsteht eine größere Dynamik hinsichtlich der Kostenreduktion und Markteinführung sowie eine größere Produktvielfalt, andererseits nimmt die Streuung der Kompetenzen zu, was eine höheres Maß an Kommunikation und Kooperation erfordert und potentielle Konflikte auslöst. Die etablierten Akteure verlieren ihre dominante Stellung in den Innovationssystemen und sind auf die Kompetenzen externe Unternehmen angewiesen (vgl. Jürgens/ Sablowski 2008, S. 116 f.).

Tabelle 4.1: Darstellung der elektromobilen Wertschöpfungskette:

	Fahrzeugproduktion und -vertrieb		- Energieversorgung				Finanzierung und Mobilität	
	Batterie	Module/ Systeme	Fahrzeug	Elektrizität / Netzwerk	Infrastruktur	Mehrwert -dienste	Finanzierung & Services	Mobilitätskonzepte
Beispielhafte Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Beschaffung • F&E • Produktion 	<ul style="list-style-type: none"> • F&E • Produktion • Systemintegration • Recycling 	<ul style="list-style-type: none"> • Produktion • Marketing & Vertrieb • Fahrzeugkonzepte 	<ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung • Transport • Verteilung • Billing • Bezahlung 	<ul style="list-style-type: none"> • Konzepte/Standards • Aufbau/ Betrieb Lade-station • Aufbau Charging Portale 	<ul style="list-style-type: none"> • V2G • Energiemanagement • E-Mobility Apps 	<ul style="list-style-type: none"> • Finanzierungs-konzepte • Services & Reparaturen • Gebrauchtwagenvermittlung 	<ul style="list-style-type: none"> • Flottenmanagement • Mobilitätskonzepte • Carsharing/ Autovermietung

Quelle: Radics o.J., S. 12

Tabelle 4.2 zeigt die Herausforderungen, die in den verschiedenen Abschnitten der elektromobilen Wertschöpfungskette entstehen. Die strategische Positionierung der unterschiedlichen Akteure entlang der elektromobilen Wertschöpfungskette ist begleitet von Unsicherheit bezüglich der Erträge der einzelnen Wertschöpfungsschritte. Entscheidend im Bereich Fahrzeugproduktion und -vertrieb sind Entwicklung und Integration neuer Komponenten und Konzepte sowie die Einbindung neuer und branchenfremder Lieferanten. Im Bereich der Energieversorgung besteht die Herausforderung für die Automobilindustrie vor allem darin, eine Ladeinfrastruktur neu zu errichten und zu diesem Zweck mit neuen Marktteilnehmern wie Energieversorgern und -erzeugern zusammenzuarbeiten (siehe hierzu Kapitel 4.1.3.). Im Bereich der Finanzierung und Mobilität sind innovative Leasing und

Mobilitätsangebote entscheiden für die Markterschließung (siehe hierzu Kapitel 4.1.4) (vgl. Radics o. J., S.12).

Wie bereits erwähnt, macht vor allem die Batterie in Elektrofahrzeugen einen erheblichen Teil der Wertschöpfung und Produktdifferenzierung aus. Leistungsfähige, gewichts- und kostenoptimierte, schnellladende Batterien nehmen eine Schlüsselrolle bei der Elektrifizierung des Fahrzeugantriebs ein. Deshalb liegt derzeit ein aktueller Schwerpunkt der Technologieentwicklung im Bereich der Batterietechnologie für die automobilen Anwendung. Die deutsche Automobilindustrie, aber auch die deutsche Elektroindustrie, verfügen bei Batterien im Vergleich zur internationalen Konkurrenz über geringere Kompetenzen und Produktionskapazitäten. Die Weiterentwicklung von Energiespeichertechnik wurde in Deutschland lange wenig beachtet (vgl. acatech 2010, S. 30; Dudenhöfer 2010, S. 2; Wirtschaftsministerium BW/ Fraunhofer IAO/ WRS 2010, S. 23).

Die Wertschöpfungskette für Hochleistungsbatterien ist mehrstufig aufgebaut und reicht von der Herstellung von Ausgangsmaterialien und Werkstoffen (Graphit, Metalloxiden, Metall-Folien usw.) über die Komponenten-Produktion von Anoden, Kathoden, Elektrolyten bis hin zur Zellproduktion, dem Packaging von Zellen zu Batterieblocks und der Integration ins Fahrzeug. Für den Einsatz in Fahrzeugen werden Batterieblocks mit Batterie- und Thermomanagement zu Batteriesystemen zusammengefasst. Der maßgebliche Wertschöpfungsschritt findet dabei auf der Zellebene statt (vgl. Dudenhöfer 2010, S. 14; Wirtschaftsministerium BW/ Fraunhofer IAO/ WRS 2010, S. 14).

Eine starke Position in der Batterieindustrie haben vor allem Hersteller aus Japan und Korea. Besonders Unternehmen, die Batterien für die Unterhaltungsbranche produzieren, verfügen über deutlich stärker ausgeprägtes Wissen im Bereich Lithium-Ionen-Technologie. Obwohl diese Unternehmen vergleichsweise wenig Erfahrung mit automobilen Anwendungen haben, verfügen sie über jahrzehntelange Entwicklungs- und Produktionserfahrung bei Batteriezellen und etablieren sich derzeit aufgrund dieses Wissensvorsprungs als neue Zulieferer in der elektromobilen Wertschöpfungskette (vgl. Dispan/ Meißner 2010, S. 27 ff.; Dudenhöfer 2010, S. 2, 18).

So kommt es zu einer Verschiebung der Marktmacht: Bei der Produktion von Batteriesystemen lag der Weltmarktanteil der deutschen Hersteller 2011 nur bei zwei Prozent (vgl. Deutsche Bank Research 2011, S. 9). Nach einer Prognose von Roland Berger und der FKA (2014, S. 9) für das Jahr 2016 kommt der deutsche Batteriehersteller Li-Tec²⁶ immerhin auf einen Marktanteil von vier Prozent. Zusammen der mit Abstand größte Anteil wird allerdings für japanische Unternehmen mit insgesamt 62 Prozent prognostiziert (Panasonic/ Sanyo 41 %, AESC (Joint Venture von Renault-Nissan und NEC) 17 %, Toshiba 4 %). Der zweitgrößte Anteil wird mit insgesamt 16 Prozent bei südkoreanischen Unternehmen erwartet (LG Chem 9 %, Samsung 7 %).

²⁶ Li-Tec war ein Gemeinschaftsunternehmen von Evonik und Daimler und wurde 2014 zu hundert Prozent von Daimler übernommen (vgl. Automobilwoche Online, April 2014).

Die Anforderungen an Batterien für automobiler Anwendung unterscheiden sich von denen im Bereich der Unterhaltungselektronik durch die größere, benötigte Energieleistung, die höhere Zyklenfestigkeit, die längere Lebensdauer und anderen Sicherheitsanforderungen. Deutsche Chemieunternehmen können nur vereinzelt Kompetenzen bei der Lithium-Ionen-Technologie ausweisen, z. B. bei BASF im Bereich Materialien und Kathoden, oder bei Merck im Bereich Forschung und Produktion von Elektrolyt. Nur wenige, deutsche Unternehmen verfügen über Kompetenzen in der gesamten Wertschöpfungskette für Lithium-Ionen-Batterien²⁷. Klassische Automobilzulieferer sehen ihre neuen Kompetenzfelder in den späteren Stufen der Wertschöpfungskette. Sie kaufen die Batteriezellen bspw. bei asiatischen Unternehmen. Zu diesem Zweck gründete bspw. Bosch zusammen mit Samsung das Joint Venture SB LiMotive²⁸; Continental und Evonik sind Anteilseigner des japanischen Lithium-Ionen Spezialisten Enax mit sechzehn und zehn Prozent (vgl. Dudenhöfer 2010, S. 15 f.).

Es gibt Entwicklungen zum Auf- und Ausbau eigenständiger Entwicklungs- und Produktionskompetenz für Lithium-Ionen-Batterien in Europa, zum Beispiel von dem Joint Venture Johnson Controls-Saft, BASF oder Merck. Evonik und Daimler gründeten in diesem Bereich zwei Joint Ventures: die Li-Tec Battery GmbH für die Entwicklung und Herstellung von Lithium-Ionen-Batteriezellen und die Deutsche ACCUotive für die Entwicklung und Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien für die Anwendung im Automobil. Beide Unternehmen wurden 2014 von Daimler übernommen. Die klassischen, mittelständischen Batteriehersteller wie Hoppecke oder Moll verfügen zwar über die Kompetenzen, aber kaum über die Kapazitäten und finanziellen Ressourcen, um Lithium-Ionen-Batterien zu entwickeln und zu produzieren (vgl. elektroniknet.de 01.04.2014; Dudenhöfer 2010, S. 16). 2008 wurde in Darmstadt das Unternehmen AKASOL als Hersteller von Lithium-Ionen-Batteriesystemen gegründet. Das Hochleistungs-Batteriesystem AKASYSTEM wurde in verschiedenen Fahrzeugen erprobt und erfolgreich eingesetzt (vgl. BEM 2012, S. 82 f.).

Die etablierten OEM, besonders die deutschen, haben bei der Einführung alternativer Antriebstechnologien zunächst eine abwartende Haltung eingenommen. Dadurch wurden Kompetenzen und Kapazitäten in Bereich elektrischer Antriebe bei den OEM erst relativ spät aufgebaut. Die kritische Haltung der deutschen OEM gegenüber radikalen Innovationen im Antriebsbereich lässt sich zum einen durch den hohen Reifegrad der konventionellen Technologie begründen. Während die deutschen OEM bei innovativen Antriebstechnologien vergleichsweise am Anfang der Produktentwicklung stehen, haben sie Technologien des konventionellen Antriebssystems sehr weit entwickelt und einen entsprechenden Wettbewerbsvorteil. Hier wurden jahrzehntelang

²⁷ Mit Ausnahme des Rohstoffabbaus, der nicht von deutschen Unternehmen betrieben wird.

²⁸ Das Joint Venture SB LiMotive wurde 2012 wieder aufgelöst und von Bosch übernommen (vgl. Automobilwoche 20, September 2012, S. 16)

Optimierungsanstrengungen unternommen und dabei ausgeprägte Entwicklungs- und Produktionskompetenzen und -kapazitäten erworben. Zum andern wird die Zurückhaltung bei Elektroautos mit den wahrgenommenen Kundenwünschen an Leistung und Reichweite begründet. Tatsächlich spielen das Thema Reichweite und Leistungsfähigkeit der Batterien eine wesentliche Rolle in der medialen Diskussion um Elektromobilität (vgl. Schwedes 2013, S. 54; Jürgens/ Meißner 2005, S. 215 f.; Automobilwoche Online, 14. April 2014).

Der Verbrennungsmotor steht exemplarisch für den Produktkonservatismus, der die Branche und deren inkrementellen Innovationsstil prägen (vgl. Jürgens/ Meißner 2005, S. 215 f.). Das Innovationsparadigma der deutschen Automobilindustrie beinhaltet das Streben nach der besten technologischen Lösung, die bei elektrischen Antriebsystemen und Elektrofahrzeugarchitekturen mit den bestehenden Kompetenzen zunächst nicht realisiert werden kann (vgl. Jürgens/ Sablowski 2008, S. 132). Mehrfach begründen die deutschen OEM den im Vergleich zum Wettbewerb späten Markteintritt bei Elektroautos mit Bestrebungen technologisch ausgereifte Produkte zu liefern. Sie riskieren dabei Marktanteile an Konkurrenten zu verlieren, die Elektroautos schneller auf den Markt bringen, dadurch Produktions- und Vertriebserfahrung sammeln und besonders die Zielgruppen der „early adopter“, die innovativen Technologien gegenüber sehr aufgeschlossen sind, und der „early majority“, die neue Technologien aktiv in ihre Alltagsnutzung integrieren, erreichen (vgl. Ahrend/ Stock 2013, S. 112).

Trotz relativ verbreitetem Produktkonservatismus hat sich das Innovationsgeschehen in der deutschen Autoindustrie seit Beginn des 21. Jahrhunderts stetig verändert. Neue Produktarchitekturen, die sich an gestiegenen und veränderten Kundenansprüchen sowie dem zunehmenden Elektronik- und Softwareanteil ausrichten, erfordern neue Kompetenzen, wodurch tiefgreifende Reorganisationen von Unternehmen erforderlich wurden. Die Innovationsintensität und der Innovationsdruck verursacht durch steigenden Kosten- und Wettbewerbsdruck haben deutlich zugenommen. Damit verändert sich die Innovationsdynamik der Branche. Ein Großteil der Innovationen bspw. im Bereich der Elektronik, Sensorik und Software werden von außen in die Innovationssysteme der Automobilindustrie eingebracht und zwar zumeist von Akteuren aus Innovationssystemen mit kürzeren Innovationszyklen (vgl. Jürgens/ Sablowski 2008, S. 117 f.; Jürgens/ Meißner 2005, S. 219). Die aktuellen Entwicklungen der Elektromobilität führen zu einer noch radikaleren und dynamischeren Fortsetzung dieser Entwicklung. Je konsequenter die etablierten Unternehmen in den letzten Jahrzehnten auf den Strukturwandel reagiert und ihre Strukturen angepasst haben, umso besser sind sie auf die aktuelle Beschleunigung des Wandels vorbereitet.

Durch die verzögerte Reaktion der OEM auf den Trend der Elektromobilität entstehen neue Wertschöpfungsanteile u. a. bei Zulieferern, da OEM zunächst bei der Entwicklung und Produktion

elektrischer Fahrzeuge nicht auf eigene Kompetenzen und Kapazitäten zurückgreifen können. Vorteile haben hier besonders die großen Systemzulieferer, die den OEM ganz elektrische Antriebssysteme anbieten und die dafür notwendigen Investitionen in Personal-, Kompetenz- und Produktionsaufbau tätigen können. Außerdem entstehen Nischen und Chancen für branchenfremde und Start-up-Unternehmen. Unternehmen anderer Branchen können Produkte und Dienstleistungen aus anderen Bereichen auf elektronische Antriebssysteme und -komponenten im Automobil übertragen. Start-ups gründen sich entweder als Zulieferer für elektrische Antriebe oder als OEM mit Spezialisierung auf Elektrofahrzeuge.

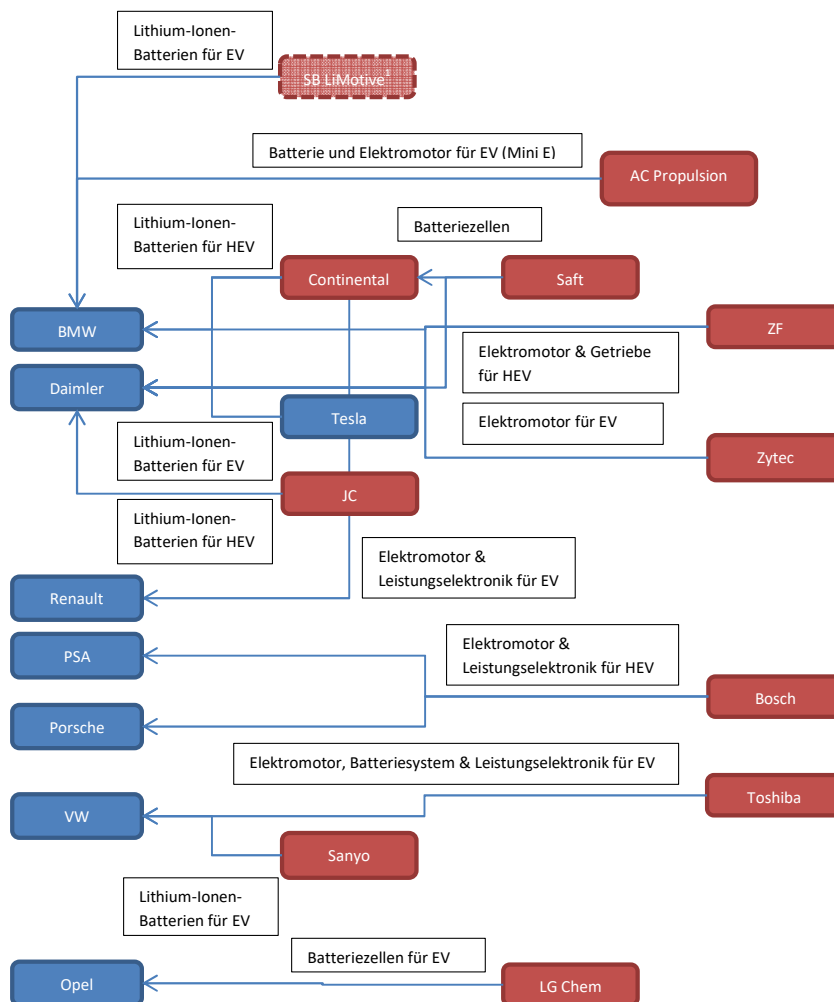
Eine Strategie der OEM ist, wie oben bereits angesprochen, die Auslagerung der Produktion von elektrischen Antriebsmodulen entweder komplett oder in Teilen zu Zulieferunternehmen oder auch anderen OEM, die dann als Systemlieferanten fungieren, in der Regel auch verbunden mit der Auslagerung der Entwicklungstätigkeiten. So liefert beispielsweise Continental Lithium-Ionen-Batterien für den Mercedes S 400 Hybrid und den BMW Siebener Active Hybrid, wobei Continental die Batteriezellen des französischen Joint Ventures Saft nutzt. ZF liefert den Elektromotor und das Getriebe für den Hybridantrieb. Beim Smart Fortwo ED stammen die Lithium-Ionen-Batterien von Tesla und der Elektromotor von der britischen Firma Zytec (vgl. Automobilwoche Spezial 2009). Elektromotor und Leistungselektronik für den Porsche Cayenne S Hybrid werden von Bosch geliefert (vgl. Automobilwoche Spezial 2010). Eine Übersicht dieser und weitere Lieferbeziehungen im upstream-Bereich der elektromobilen Wertschöpfungskette findet sich in Abb. 4.2.

Die Auslagerung der Entwicklung und Produktion elektrischer Antriebsmodule wird durch Modularisierung und Plattformstrategien begünstigt, wobei durch die Reduktion der Anzahl von Komponenten und Zulieferern, die organisatorische Aufgabe der Integration in die Produktion erleichtert wird. Bei der Erschließung des neuen Produktsegments der Elektromobilität kommen Fragen nach der Auswahl von Zulieferern und der Balance zwischen Zusammenarbeit und Schutz neuer Wissensbereiche auf. Durch die Auslagerung von Produktkomponenten, die im Fall des Elektroautos bis hin zum gesamten Antriebssystem reichen kann, verringern sich die Wertschöpfungsanteile der OEM (vgl. Jürgens /Blöcker/ MacNeil 2010, S. 215 f.).

Besonders für Teile, Komponenten oder Module für den elektrischen Antrieb sowie für neu entwickelte Fahrzeuge oder Fahrzeugvarianten werden neue Produktionsanlagen benötigt, welche die Unternehmen vor hohe organisatorische Herausforderungen stellen und gleichzeitig Investitionen verlangen, die aufgrund der bereits beschriebenen Unsicherheiten bezüglich der Marktentwicklung mit hohen Risiken verbunden sind. Deshalb greifen OEM und Systemzulieferer bei der Entwicklung und Produktion elektrischer Antriebssysteme und vor allem Batteriesysteme vermehrt auf Kooperationen zurück. Einerseits können so Risiken verteilt und Skaleneffekte schneller realisiert werden. Andererseits ermöglichen die Kooperationen den Unternehmen einen schnelleren

Kompetenz- und Kapazitätsaufbau, so dass Entwicklungs- und Produktionsprozesse beschleunigt werden können. Eine verbreitete Form der Kooperation ist die Gründung von Joint Ventures mit entsprechenden Kompetenzträgern, die dann als Entwicklungszentren und Systemlieferanten fungieren (vgl. acatech 2010, S. 30). Eine andere Form sind strategische Partnerschaften, die meist durch eine Kapitalverflechtung formalisiert werden. Die neuen Kooperationsstrukturen innerhalb der Wirtschaft, die für die Fahrzeugentwicklung und -produktion sowie die vorgelagerten Bereiche gegründet wurden, werden in Kapitel 4.1.2 genauer analysiert. Besonders im Bereich der Forschung und Entwicklung gehen Unternehmen auch neue FuE-Kooperationen mit der Wissenschaft ein (siehe hierzu Kapitel 4.2.2).

Abbildung 4.2: Beispiele für Lieferbeziehungen in der elektromobilen Wertschöpfungskette



¹ Nach dem Aus von SB LiMotive liefert Samsung SDI Lithium-Ionen für BMW i3 (vgl. Batteriezukunft 2013)

Quellen: Automobilwoche Spezial 2009, 2010; Automobilwoche Mai 2010, Juni 2010; Batteriezukunft 2013; Springer 2014 a/b; Spiegel Online 2012; Handelsblatt 2009b

Für die Entwicklung, Produktion und Vermarktung von Elektroautos lassen sich eine Reihe struktureller Veränderungen innerhalb der Unternehmen sowohl bei den OEM als auch bei den Zulieferern beobachten. Umstrukturierungen innerhalb der Unternehmen sind neben Eingehen von Kooperationen und der Auslagerung von Wertschöpfungsanteilen eine dritte Strategie, um den Herausforderungen der Elektromobilität zu begegnen. Strukturelle Veränderungen finden durch die Gründung neuer und Erweiterung bestehender FuE-Zentren sowie Gründung neuer Geschäftsbereiche statt. So wird versucht neue Kompetenzen und Kapazitäten im Bereich der Elektromobilität aufzubauen, die nicht innerhalb der vorhandenen Strukturen realisiert werden können.

VW baute 2010, ergänzend zu Kooperationen u. a. mit den japanischen Batterieherstellern Sanyo und Toshiba sowie mit dem chinesischen OEM BYD, einen neuen Geschäftsbereich für Batteriesysteme und Elektroantriebe auf, der Serienkomponenten u. a. für den e-up! produziert. Der Konzern ist daran interessiert eigene, technologische Kompetenz aufzubauen, um nicht ausschließlich auf Zulieferer, Elektronikkonzerne und Entwicklungsdienstleister angewiesen zu sein. Deshalb sollen viele Komponenten des elektrischen Antriebs selbst gebaut werden, bspw. Elektromotoren und Getriebe im Motorenwerk Kassel. Batterien werden aus zugekauften Zellen in Braunschweig produziert (vgl. Automobilwoche 3, Januar 2010, S. 4; 4, Februar 2010, S. 18; Automobilwoche Online, November 2013).

Audi begann bereits Ende 2008 Kompetenzen im Bereich Elektromobilität im Projekthaus e-Performance zu bündeln, in dem Mitarbeiter aus allen Unternehmensbereichen zusammenarbeiten sollten. Dafür wurden hunderte neue Fachkräfte und Ingenieure eingestellt (vgl. Automobilwoche 16, Juli 2010, S. 3; 19, September 2010, S. 29). Ende 2010 nahm Audi ein neues Entwicklungs- und Prüfzentrum für elektrische Antriebe in Betrieb, in dem über 800 Mitarbeiter an der Entwicklung von elektrischen Antrieben, Batterien und Leistungselektronik arbeiten sollten. Seit 2008 wurden rund 65 Mio. Euro investiert (vgl. Automobilwoche 24, November 2010, S. 23). Allerdings hat Audi seine Aktivitäten im Bereich Elektromobilität seitdem deutlich zurückgefahren. Anfang 2013 wurden die meisten Entwicklungsprojekte für Elektroautos aufgrund der geringen Nachfrage vorerst eingestellt. Audi setzt seitdem vermehrt auf Hybrid- und Plug-In-Hybridtechnologien (vgl. Süddeutsche Zeitung Januar 2013; Automobilwoche Online April 2013).

BMW gründete Anfang 2010 für Aktivitäten im Bereich Hybrid- und Elektrotechnologie eine eigenständige Organisationseinheit „Project i“, aus der später die Submarke BMW i entstand. Für das neue Geschäftsfeld stellte BMW entsprechendes Fachpersonal aus den Bereichen neue Werkstoffe, Leichtbau, Simulationstechnik, Elektrik, Elektronik, Batterie und Antriebstechnik ein, so dass ca. 800 neue Arbeitsplätze entstanden (vgl. Automobilwoche 5, Februar 2010, S. 1; 11, Mai 2010, S. 8; 24, November 2010, S. 14, 24). BMW entwickelte zunächst in München später in Leipzig den elektrischen Antriebsstrang, Elektromotor, Leistungselektronik und Batteriesystem für die BMW i-Modelle selbst.

Letztendlich plant BMW den Sitz des neuen Kompetenzzentrums für Hybrid- und Elektrofahrzeuge in Leipzig. Dort wurden Investitionen in Höhe von rund 400 Mio. Euro getätigt (vgl. Automobilwoche 12/13, Juni 2010, S. 12; 15, Juli 2010, S. 22, 24, November 2010, S. 24).

Ebenfalls 2010 gründete Daimler innerhalb der FuE ein neues Ressort „E-Drive & Future Mobility“, das von der Forschung bis zur Serienentwicklung den Aufbau von Kompetenzen im Bereich Elektrochemie und Leistungselektronik leisten soll (vgl. Automobilwoche 12/13, Juni 2010, S. 22).

Obwohl die OEM eigene Kompetenzen in Bereich Elektromobilität aufbauen, sind viele Zulieferer überzeugt, dass die Eigenentwicklung der OEM im Bereich der Hybrid- und Elektroantriebe eine vorübergehende Strategie ist, die dem Aufbau eigene Kompetenzen und Erfahrungswerte z. B. in Bezug auf Entwicklungs- und Produktionskosten dient. Langfristig gehen viele von einer Konsolidierung und Verlagerung von Entwicklung und Produktion zu (System-)Lieferanten aus (vgl. Automobilwoche 15, Juli 2010, S. 6).

Die anfänglich zögerliche Besetzung der Nische Elektromobilität durch die etablierte OEM hat die Gründung neuer Unternehmen, die sich speziell auf Elektroautos konzentrieren, begünstigt. Das wohl bekannteste Beispiel ist der kalifornische OEM Tesla Motors, der 2003 mit dem expliziten Ziel gegründet wurde sportliche Elektroautos zu bauen. Der Tesla Roadster wurde Anfang 2008 auf den Markt gebracht und bis 2012 gebaut. Ein weiteres Modell von Tesla ist das Modell S, das seit 2013 in Deutschland verkauft wird und seit 2015 in der Version D mit zwei Elektromotoren und Allradantrieb vertrieben wird. Für 2015 plant Tesla die Einführung eines Elektro-SUV Modell X (vgl. Automobilwoche Online, November 2014, Juli 2014, Juni 2014).

Tesla baut nicht nur Elektrosporthwagen, sondern bietet auch Entwicklungsdienstleistungen für elektrische Antriebssysteme an und verkauft Komponenten an andere Hersteller. So bezieht Daimler Entwicklungsdienstleistungen und Batterietechnologie von Tesla für den Smart fortwo ED und die elektrische A-Klasse. Außerdem baut Tesla für Toyota das elektrische Antriebssystem für den RAV4 EV. Daimler und Toyota haben sich früh an Tesla beteiligt, woraus die beschriebenen Lieferkooperationen entstanden sind. Beide haben ihre Anteile zunächst teilweise und inzwischen ganz verkauft (vgl. Automobilwoche Online, Oktober 2014). Beide OEM haben von dieser Beteiligung am Elektro-Start-up Tesla sowohl technologisch als auch finanziell profitiert.

Panasonic ist weiterhin Anteilseigner von Tesla Motors und liefert die Batteriezellen für Tesla. 2014 beschlossen die beiden Unternehmen die Gründung einer gemeinsamen Lithium-Ionen-Batteriefabrik in den USA, die sogenannte „Gigafactory“. Die Partnerschaft mit Tesla ist Teil der strategischen Neuausrichtung des Panasonic-Konzerns als Zulieferer für verschiedenste Industrien (vgl. Automobilwoche Online, Oktober 2014; Tesla Juli 2014). Der Erfolg von Tesla Motors ist umstritten, denn das Unternehmen macht trotz steigender Umsätze und Aktienkurse aufgrund der hohen Investitionen in die Entwicklung bisher Verluste (vgl. Automobilwoche Online, November 2014).

Das Beispiel Tesla zeigt, dass einige der etablierten OEM auf die neuen Branchenteilnehmer reagieren, in dem sie über Kooperationen und Kapitalinvestitionen von deren Know-how-Aufbau profitieren. Die neuen Elektro-OEM dienen als Lieferanten für elektrische Antriebssysteme und -komponenten. In Kooperationen mit diesen können etablierte OEM Kompetenzen und Produkte im Bereich Elektromobilität erwerben ohne diese eigenständig und innerhalb der vorhandenen Unternehmensstrukturen aufzubauen. So bleiben die Risiken der frühen Investitionen und Neuausrichtungen gering, können einfacher als beim Aufbau eigener Unternehmensbereiche aufgegeben oder nach einer gewissen Übergangszeit ins eigene Unternehmen integriert werden.

Auch in Deutschland gibt es Beispiele für Start-ups, die sich entweder als OEM oder als Umrüster für Elektroautos gegründet haben. Ein OEM für Elektroautos ist das Unternehmen StreetScooter, das aus einem Projekt der RWTH und Fachhochschule Aachen gemeinsam mit regional ansässigen, mittelständischen Unternehmen hervorgegangen ist. Ziel des 2009 gestarteten Projekts war es ein günstiges, kleines Elektroauto für die Stadt zu entwickeln (vgl. innovations-report November 2009). Die Strategie von StreetScooter ist die Entwicklung von Elektroautos nach dem Purpose Design, wodurch Freiheitsgrade in der Produktentwicklung und Produktion entstehen. So kann die Produktion von Elektroautos trotz kleiner Stückzahlen und niedrige Preise durch einen ganzheitlichen Ansatz rentabel gemacht werden, da die Produzierbarkeit bei der Fahrzeug- und Komponentenentwicklung berücksichtigt wird. Indem eine eigene Produktionslinie parallel zum Fahrzeug geplant und aufgebaut wird, ist deren Produktion deutlich günstiger ist als die konventioneller Fahrzeuge (vgl. Automobilwoche 11, Mai 2010, S. 20; RWTH Aachen University 2012).

Seit 2012 konzentriert sich StreetScooter auf die Entwicklung von Elektrolieferwagen für die Deutsche Post. Die Deutsche Post testet die Funktionalität und Wirtschaftlichkeit der für ihre Bedarfe im Hinblick auf Größe und Reichweite eigens entwickelten Fahrzeuge. StreetScooter profitiert von dem geringen Angebot elektrischer Lieferwagen großer OEM sowie deren geringe Bereitschaft Fahrzeuge für spezielle Bedarfe zu entwickeln und in kleinen Stückzahlen zu produzieren. Ende 2014 wurde StreetScooter vollständig von der Deutschen Post DHL Group übernommen (vgl. StreetScooter 2015; Automobilwoche 21, Oktober 2012, S. 28).

Als Umrüster für Elektroautos haben sich besonders zwei deutsche Unternehmen hervorgetan: das neu gegründete Unternehmen German E-Cars und der Fiat-Nutzfahrzeug-Händler Karabag, der mit der Umrüstung von Fiat-Modelle zu Elektroauto ein neues Geschäftsfeld erschlossen hat. Das 2009 gegründete Unternehmen German E-Cars bietet Elektrofahrzeuge im Pkw und Nfz-Bereich an. Im Pkw-Bereich sind dies der auf dem Opel Agila basierende Stromos und der auf dem Opel Corsa basierende Cetos sowie im Nfz-Bereich der Transporter Plantos, der auf dem Mercedes Sprinter basiert und auch als Pritschenwagen, Klein- und Minibus angeboten wird. Außerdem erprobt German E-Cars seit 2013 gemeinsam mit der DOLL Fahrzeug AG die Elektrifizierung von Nfz über zwölf

Tonnen. Ein erstes Fahrzeug in diesem Bereich ist der Highlifter, der am Flughafen Zürich eingesetzt wird. Darüber hinaus bietet German E-Cars Ingenieursdienstleistungen im Bereich Elektromobilität, elektrische Antriebssysteme und Wechselrichter an (vgl. German E-Cars 2014). Der Hamburger Nutzfahrzeug-Anbieter Karabag bietet seit 2009 verschiedene Modelle von Fiat als Elektroautos an. Die Fahrzeuge werden in Italien umgerüstet und in Deutschland vertrieben. Darunter sind eine elektrische Version des Kleinwagens Fiat 500 und elektrifizierte, leichte Nfz wie der Stadtlieferwagen Fiat Fiorini und der Transporter Fiat Ducato (vgl. Focus Online 2009).

Im Gegensatz zum Technologiefeld des Verbrennungsmotors, auf dem die deutsche Automobilindustrie über einen über Jahrzehnte aufgebauten Wettbewerbsvorteil verfügt, haben im Technologiefeld der Elektromobilität neue Akteure den Vorteil, dass sie mit auf die Elektromobilität angepassten Strukturen starten können. Die etablierten Unternehmen müssen zunächst einen entsprechenden Strukturwandel durchlaufen. Investitionen in (Weiter-)Entwicklung unterschiedlicher Antriebstechnologien verursachten einen immensen Investitionsbedarf, vor allem bei den etablierte OEM, die gleichzeitig in die Optimierung vorhandener Technologien und die Entwicklung neuer Technologien investieren müssen. Start-ups, die direkt als Elektroauto-OEM in den Markt einsteigen, können ihre Investitionen auf elektrische Antriebe konzentrieren. So senkt der Trend zur Elektromobilität die Markteintrittsbarrieren in den Automobilmarkt, die aufgrund der hohen Technologiereife für Fahrzeuge mit herkömmlichen Antrieben sehr hoch ist. Der FuE-Vorsprung in konventionelle Antriebe besteht bei elektrischen Antrieben für die etablierten OEM nicht. Gleichzeitig sind die Investitionen in Elektromotoren aufgrund deren hohen Ausgereiftheit auch für Start-ups überschaubar. Sie können diese sowie die Batterie genau wie die etablierte OEM von Dritt-anbietern beziehen (vgl. acatech 2010, S. 30; Leschus et al. 2010, S. 56 f.).

Das Umrüstgeschäft mit Elektrofahrzeugen ist allerdings zeitlich begrenzt bzw. bezieht sich im Wesentlichen auf neue oder Nischenmärkte. Obwohl die meisten Fahrzeuge weiterhin angeboten werden, können sie mit der Konkurrenz der großen OEM nicht mithalten. Die großen OEM profitieren besonders von den hohen Qualitätsstandards ihrer Produktion und dem weit verbreiteten Händler- und Werkstattnetzwerken. Die Elektrifizierung und Wartung selbstproduzierter Fahrzeuge ist letztendlich für die großen OEM leichter und zuverlässiger zu bewerkstelligen als dies den Unternehmen gelingen kann, die auf Fahrzeuge anderer OEM zurückgreifen müssen. Seit die etablierten OEM eigene Elektrofahrzeuge anbieten, weichen die deutschen Umrüster auf Nischen- und Spezialmärkte, wie Nfz, Spezialanfertigungen und Prototypenbau aus. StreetScooter hat zwar den Vorteil der eigenen Entwicklung und Produktion von Fahrzeugen, aber dennoch verschiedene Nachteile gegenüber den großen OEM wie bspw. die geringe Bekanntheit der Fahrzeuge oder das Fehlen eines ausgebauten Händler- und Werkstattnetzes. Die Strategie der exklusiven Zusammenarbeit mit der Deutschen Post relativiert diese Nachteile.

4.1.2 Wandel der Kooperationsstrukturen im Wirtschaftssystem

Im Folgenden werden Fallbeispiele für Kooperationen zwischen Organisationen der Wirtschaft, die sich entlang der elektromobilen Wertschöpfungskette bilden, beschrieben. Dabei liegt in diesem Kapitel der Fokus auf dem Bereich der Fahrzeugentwicklung und -produktion bzw. dem upstream-Bereich. Hierzu gehören vor allem die Entwicklung und Produktion von Batterien und Batteriezellen, Elektromotoren, Leistungselektronik, Batteriemanagementsystemen oder Leichtbaumaterialien. Es handelt sich zum einen um Kooperationen, die sich horizontal, d. h. entlang der Wertschöpfungskette zwischen Organisationen, die auf unterschiedliche Wertschöpfungs-schritte spezialisiert sind, bilden. Die Beziehungen der Unternehmen gehen oftmals über reine Lieferbeziehungen hinaus, vor allem wenn es um die Weiterentwicklung von Technologien und Produkten geht. Bspw. schließen OEM mit Zulieferern oder branchenfremden Unternehmen Entwicklungskooperationen für die Weiterentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien. Die OEM sind auf die Weiterentwicklung der Technologie zur Verbesserung ihrer Elektrofahrzeuge angewiesen. Um auf die Kompetenzen anderen Unternehmen in diesem Bereich zurückzugreifen, werden Technologien in Kooperationen gemeinsam weiterentwickelt. Die Zulieferer profitieren durch die Gegenfinanzierung ihrer Entwicklungsaktivitäten und etablieren sich gleichzeitig als Partner der OEM.

Zum anderen lässt sich auch die Bildung einer Reihe vertikaler Kooperationen beobachten, d. h. Kooperationen zwischen Unternehmen, die sich auf denselben Wertschöpfungs-schritt spezialisiert haben und auf dem Markt als Konkurrenten auftreten. Solche Kooperationen entstehen sowohl zwischen OEM als auch zwischen Zulieferern. Kooperation zwischen Wettbewerbern beruht auf steigendem Innovationsdruck und zunehmender Komplexität des Innovationsgeschehens, welche die Unternehmen alleine nicht bewältigen können. Sie dienen der Vergrößerung der gemeinsamen Marktmacht und ermöglichen es den Unternehmen, verschiedene Technologiepfade gleichzeitig zu verfolgen. Diese Kooperationen sind oftmals schwierig, da sie Zusammenarbeit trotz Konkurrenz voraussetzen. Lösungen sind u. a. die Konzentration der Kooperation auf den vorwirtschaftlichen Bereich der Grundlagenforschung, wie es oft in staatlich geförderten Forschungsprojekten unter Beteiligung wissenschaftlicher Organisationen der Fall ist (siehe hierzu Kapitel 4.3), die Gründung von Joint Venture, die neue Strukturen unter finanzieller und personeller Beteiligung zweier Unternehmen aufbauen und so unabhängiger von den einzelnen Gründungsunternehmen entscheiden können, oder das Eingehen strategischer Partnerschaften mit gegenseitiger Kapitalverflechtung. Die Kapitalverflechtungen sind meistens sehr gering und haben den symbolischen Charakter der Formalisierung der gegenseitigen Verpflichtungen.

In Anhang B sind Fallbeispiele von Kooperationen zwischen Unternehmen zusammengefasst und nach Art der Kooperation entlang der Wertschöpfungskette – vertikal und horizontal –, der Form der Kooperation – Joint Venture und strategische Partnerschaften –, dem Gegenstand der Kooperation und dessen Einordnung in die Wertschöpfungskette – Teile/ Module/ Systeme und Gesamtfahrzeuge –, sowie dem aktuellen Status der Kooperation – bestehend, beendet und nicht bekannt – systematisiert.

Von den insgesamt 29 Fallbeispielen in Anhang B sind zwölf horizontale Kooperationen, die mit einer Ausnahme zwischen OEM und Zulieferern gebildet wurden, und 17 vertikale Kooperationen, von denen zehn zwischen OEM und sieben zwischen Zulieferern gebildet wurden. Die Kooperationen nehmen häufig die Form von Joint Ventures an. OEM schließen untereinander häufig auch strategische Partnerschaften. Daneben gibt es eine Reihe von Entwicklungskooperationen, die in der Übersicht nur beispielhaft gelistet werden.

Kooperationen, die sich auf die Entwicklung eines Gesamtelektrofahrzeugs beziehen, finden sich fast nur zwischen OEM und werden überwiegend mit chinesischen Partnern eingegangen. Um Fahrzeuge in China herzustellen und die hohen chinesischen Einfuhrzölle zu umgehen, sind deutsche OEM auf die Zusammenarbeit mit chinesischen OEM angewiesen. Wenig verwunderlich ist es deshalb, dass der VW-Konzern auf seine vertrauten, chinesischen Joint Venture Partner SAIC und FAW zurückgreift und mit diesen strategische Partnerschaften für die Entwicklung und Produktion von Elektroautos eingeht. VW profitiert dabei von den Kompetenzen der chinesischen Partner im Bereich Elektromobilität und konzentriert sich auf einen Markt, der zunächst als besonders zukunftssträftig für Elektroautos galt. Die Kombination aus politischem Willen und Umsetzungsvermögen sowie der hohen Notwendigkeit zur Verringerung der Emissionen in den Megastädten des Landes lassen die Wahrscheinlichkeit, dass Elektromobilität auf dem chinesischen Markt ein früherer Durchbruch gelingt als auf dem europäischen Markt, besonders hoch erscheinen. Mit den chinesischen Partnern hat VW je ein Elektroauto entwickelt: Tantis mit SAIC und Carley mit FAW. Der Produktionsstart verzögert sich allerdings aufgrund der nun doch geringer ausfallenden Nachfrage nach Elektroautos auf dem chinesischen Markt (vgl. FAZ 2013b; Automobilwoche 2010).

So wie Volkswagen setzte auch Daimler auf den chinesischen Markt für Elektroautos und gründete 2010 ein Joint Venture mit dem chinesischen Elektropionier BYD: Shenzhen BYD Daimler New Technology. BYD wurde 1995 in Shenzhen, China gegründet und produzierte zunächst Batterien für den Consumer-Bereich. Seit 2003 stellt BYD neben Batterien auch Elektroautos her, die zunächst nur auf dem chinesischen Markt vertrieben wurden. Das Joint Venture Shenzhen BYD Daimler New Technology, an dem beide OEM zu 50 Prozent beteiligt sind, entwickelt und produziert Elektroautos unter dem Markennamen Denza. Daimler nutzt die Kooperation mit BYD außerdem für die Lieferung von Batterien für andere Elektroautos. Trotz einiger Probleme aufgrund schlechter Geschäftszahlen

und Sicherheitsbedenken nach einem schweren Unfall mit einem Taxi von BYD, hält Daimler weiter an der Kooperation mit BYD fest (vgl. Denza 2014; BYD Autos 2012; Automobilwoche 2012, 2010). Damit profitiert Daimler von der Erfahrung von BYD mit der Entwicklung und Produktion von Elektroautos, erschließt sich den wichtigen, chinesischen Markt und minimiert gleichzeitig das Risiko für das eigene Markenimage, in dem die Elektroautos unter neuem Markenname vermarktet werden.

Auch BMW kooperiert in China mit seinem Joint Venture Partner Brilliance für die Entwicklung und Produktion von Elektroautos. Die Entwicklung des Zinoro ist bereits abgeschlossen, aufgrund der niedrigen Nachfrage wird er allerdings nur zum Leasing und als Mietwagen angeboten (vgl. Manager Magazin Online 2013b; Automobilwoche 2012, 2010).

Eine weitere Kooperation zwischen OEM, die u. a. für die Entwicklung und Produktion von Gesamtfahrzeugen gegründet wurde, ist die strategische Partnerschaft von Daimler mit der Allianz Renault-Nissan. Im April 2010 verkündeten die OEM eine Kapitalverflechtung mit jeweils 3,1 Prozent. Renault und Nissan haben beide früh in die Elektromobilität investiert. Nissan verfügt darüber hinaus über Erfahrung bei Hybridfahrzeugen. Renault hat bisher die größte Auswahl an Elektrofahrzeugen auf den Markt gebracht. Ein Projekt ist die gemeinsamen Entwicklung von Kleinwagen wie den Smart fortwo, einen neuen Smart Viersitzer und die nächste Generation des Renault Twingo. Die OEM haben gemeinsame Produktionen in Hambach, Frankreich und Novo Mesto, Slowenien. Alle Modelle sind von Beginn an auch in einer Elektroversion geplant. Der Smart fortwo ED ist seit 2013 verfügbar. Daimler, Renault und Nissan entwickeln außerdem gemeinsam Technologien für Elektrofahrzeuge und Lithium-Ionen-Batterien (vgl. Daimler 2013c; Automobilwoche 2010; Dudenhöfer 2010, S. 10).

Weitere strategische Partnerschaften, Joint Ventures und Entwicklungskooperationen wurden von OEM für die Entwicklung von Teilen, Modulen oder Systemen gegründet. Dabei geht es entweder um die Entwicklung und Produktion von elektrischen Antrieben oder von Batterien und Batteriezellen, in einem Fall auch um die Entwicklung eines Ladesystems für Elektroautos. Zwischen BMW und Daimler gibt es seit 2009 eine strategische Partnerschaft im Bereich Hybridantriebe. Die beiden OEM kooperieren bereits seit längerem beim Einkauf. Beide Unternehmen haben durch ihre relativ geringe Größe im Einkauf Nachteile im Vergleich zum Wettbewerb, die durch die Kooperation reduziert werden (vgl. Automobilwoche 2010).

BMW unterhält darüber hinaus eine strategische Partnerschaft mit Toyota. Seit Oktober 2011 kooperieren die beiden OEM bei der Elektrifizierung von Fahrzeugantrieben. Im Dezember 2011 wurde bereits eine gemeinsame Grundlagenforschung zur Lithium-Ionen-Batterietechnologie für Elektroautos beschlossen. Toyota hat einen technischen Vorsprung bei Hybrid- und Brennstoffzellentechnologie. BMW hat einen Vorsprung beim Leichtbau mit Carbon und durch die Entwicklung der BMW i-Modelle. Ziel der Kooperation ist es die hohen Entwicklungskosten zu teilen. Dabei

profitiert BMW vor allem von der langjährigen Erfahrung von Toyota im Bereich der Hybrid-technologie (vgl. Automobilwoche 2012; Wirtschaftswoche 2011).

2011 gründete BMW außerdem gemeinsam mit PSA das Joint Venture BMW Peugeot Citroën Electrification (BPCE) zur Entwicklung und Produktion von standardisierten Hybridkomponenten - Hochvolt-Speicher, Elektromotoren, Generatoren, Leistungselektronik und Ladegeräte sowie Software für Hybridsysteme - für die Elektrifizierung der Fahrzeugflotten beider OEM, an dem beide Partner jeweils zu 50 Prozent beteiligt waren. Am deutschen Standorte bei BMW in München sollte die FuE der Komponenten stattfinden, während deren Produktion bei PSA in französischen Mulhouse geplant war. Durch die gemeinsame Forschung, Entwicklung und Produktion sollten den Unternehmen Kostenvorteile durch Skaleneffekte sowie geteilte Entwicklungs- und Produktionskosten entstehen, wobei PSA als Volumenhersteller hohe Stückzahlen ermöglichen und BMW vor allem Fachwissen im Bereich Hybridtechnologien einbringen sollte. Durch die Verwendung standardisierter Komponenten sollten Entwicklungsprozesse beschleunigt werden. Das Joint Venture wurde allerdings bereits 2012 wieder aufgelöst und von BMW übernommen. Grund dafür war der Einstieg von GM bei PSA, durch den BMW Nachteile und Know-how-Abfluss befürchtete (vgl. Automobilwoche 2012; Die Welt 2012). Auch Daimler unterhält eine weitere, strategische Partnerschaft. Daimler war ab 2009 mit acht Prozent an dem imageträchtigen, US-amerikanischen Elektrostart-up Tesla beteiligt. Nach dem Börsengang von Tesla reduzierte Daimler die Anteile auf 4,3 Prozent. Inzwischen hat Daimler die Kapitalbeteiligung beendet, die Lieferbeziehungen mit Tesla aber aufrechterhalten. Tesla liefert den Antriebsstrang für die Mercedes-Benz B-Klasse ED, die seit 2014 angeboten wird, und die Lithium-Ionen-Batterien für zweite Generation des Smart fortwo ED (vgl. Automobil Produktion 2013; Daimler 2013a; Automobilwoche 2010). Daimler profitiert damit von den Erfahrungen und dem Image von Tesla. Der chinesische OEM BYD arbeitet nicht exklusiv mit Daimler zusammen. Seit 2009 besteht eine Entwicklungskooperation zwischen VW und BYD für die Entwicklung und Lieferung von Lithium-Ionen-Batterien (vgl. BYD Autos 2012).

Auch Automobilzulieferer haben untereinander strategische Partnerschaften, Joint Ventures und Entwicklungskooperationen für die Entwicklung von Teilen, Modulen oder Systemen gegründet. Viele Zulieferer sehen im Bereich Hybrid- und Elektromobilität ein lukratives, neues Geschäftsfeld. Aber auch Unternehmen aus anderen Branchen, die zuvor nicht oder nur in geringem Umfang als Automobilzulieferer aktiv waren, sehen Chancen ihre Kompetenzen und Wissen in diesem Bereich einzubringen.

Ein Beispiel für eine strategische Partnerschaft zwischen Zulieferern ist die Kooperation zwischen Continental und Enax. Continental ist seit 2008 Anteilseigner des japanischen Lithium-Ionen-Spezialisten Enax mit 16 Prozent. Enax entwickelt und produziert Lithium-Ionen-Zellen für Batterien für Hybrid- und Elektrofahrzeuge. Die Kooperation hat die Weiterentwicklung von Lithium-Ionen-

Zellen mit verbesserter Sicherheit, höherer Lebensdauer und Leistungsfähigkeit zum Ziel. Dabei werden Lithium-Ionen-Zellen anwendungsspezifisch entwickelt, in Kleinserien gefertigt und zu einbaufertigen Automobilbatterien montiert, um frühzeitige Fahrtests durchzuführen (vgl. Continental 2010, 2008).

Joint Venture zwischen Zulieferern haben sich als wenig erfolgreiche Strategie erwiesen. Ein bekanntes Beispiel ist das Joint Venture SB LiMotive von Bosch und Samsung für die Entwicklung von Lithium-Ionen-Batterien, das 2008 gegründet, aber bereits 2012 wieder aufgelöst und von Bosch übernommen wurde. Bosch sah zunächst gute Geschäftschancen im Bereich Elektrik und Elektronik, da der Elektronikanteil im Elektroauto mit 75 Prozent deutlich über dem bei einem herkömmlichen Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (ca. 40 Prozent) liegt. Bosch kündigte 2010 an jährlich ca. 400 Mio. Euro in Elektromobilität investieren zu wollen. Durch das Joint Venture wollte Bosch von den Kompetenzen des koreanischen Unternehmens Samsung in der Entwicklung und Produktion von Lithium-Ionen-Zellen und -Batterien für Unterhaltungselektronik profitieren, während Bosch seine Erfahrung als Zulieferer im Elektronik-Bereich für deutsche OEM einbrachte. Nach dem Aufbau einer gemeinsamen Batterieproduktion im koreanischen Ulsan sollte ein Produktionsstandort in Europa folgen. SB LiMotive konnte als einen ersten, wichtigen Kunden BMW gewinnen und entwickelte die Batterien für den BMW i3. Später kamen Porsche, Fiat und Delphi als Kunden dazu. SB LiMotive war eines der fünf weltweit, führenden Unternehmen im Bereich Lithium-Ionen-Batterien, für das für 2015 ein Weltmarktanteil von neun Prozent vorhergesagt wurde. Die SB LiMotive-Tochter Cobasys entwickelte Lithium-Ionen-Batterien für United States Advanced Battery Consortium LLC (USABC), eine Forschungs Kooperation der amerikanischen OEM GM, Ford und Chrysler (vgl. Automobilwoche 2012, 2010; Dispan/ Meißner 2010, S. 27).

Doch der Markt für Elektromobilität entwickelt sich deutlich langsamer als von Bosch erhofft, was letztendlich zu einer Neuordnung des Geschäftsbereichs Elektromobilität führte. Die Auflösung des Joint Ventures wurde darüber hinaus mit strategischen Differenzen aufgrund der unterschiedlichen Produkt- und Innovationszyklen in der Automobil- und Consumerbranche begründet. Uneinigkeit bestand wohl auch über den Aufbau eines neuen Fertigungsstandortes in Europa. Die Unternehmen verständigten sich schließlich darauf, dass jeder sich wieder auf seine ursprüngliche Branche konzentrieren werde. Die Geschäftsaktivitäten wurden so neu sortiert, dass Samsung Lieferant für Batteriezellen von Bosch bleibt, während Bosch sich auf die Systementwicklung und Batteriemanagementsysteme konzentriert. So konnten die Lieferverträge mit den Kunden eingehalten werden. Wechselseitiger Lizenzvertrag ermöglicht den Zugriff auf alle Patente von SB LiMotive und alle Basispatente im Bereich Lithium-Ionen-Technik, die von Samsung und Bosch in das Joint Venture eingebracht wurden. Bosch will sich weiterhin im Bereich Lithium-Ionen-Batterien engagieren, dafür seine Aktivitäten in diesem Bereich neu ausrichten und eigenes Know-how aufbauen. Allerdings ist

Bosch zurückhaltend mit einer eigenen Batteriezellen-Produktion. Hierzu sollen in einer Kooperation mit Hochschulen und Industriepartnern Speicherzellen zunächst erforscht und erprobt werden. Bosch betreibt eine Pilotanlage für die Entwicklung von Materialien und Fertigungsverfahren für Lithium-Ionen-Zellen, wobei die Materialentwicklung von der BASF und der Anlagenbau von Thyssen-Krupp unterstützt werden (vgl. Automobilwoche 2012, 2010).

Ein weiteres Beispiel für eine gescheiterte Kooperation für Elektromobilität zwischen Zulieferern ist das Joint Venture Brose-SEW Elektromobilitäts GmbH, das 2011 für die Entwicklung, Produktion und Vermarktung von Elektroantrieben und Ladesystemen gegründet wurde. SEW Eurodrive brachte Kompetenzen im Bereich elektronischer Antriebs- und Ladetechnik in das Joint Venture ein, während Brose Erfahrung als Automobilzulieferer und im Bereich Elektromotoren mitbrachte. Auch dieses Joint Venture wurde aufgelöst und von SEW Eurodrive übernommen, da die Marktentwicklung der Elektromobilität deutlich langsamer voranschreitet als dies von den Partnern zunächst angenommen wurde (vgl. FAZ 2013b; Automobilwoche 2011). SEW Eurodrive ist darüber hinaus kein klassischer Automobilzulieferer, sondern kommt vielmehr aus dem Bereich Industrieanlagenbau, wobei sich die Strukturen der Branchen deutlich voneinander unterscheiden. Eine Anpassung der Strukturen ist in diesem Fall nicht gelungen.

Auch das Joint Venture von Continental und dem süd-koreanischen Unternehmen SK Innovation wurde inzwischen beendet. Es war im vierten Quartal 2012 mit einem Anteilsverhältnis von 51 (SK Innovation) zu 49 Prozent (Continental) gegründet worden. SK Innovation ist in der Produktion von Batteriezellen tätig. Diese sollten in dem Joint Venture weiterentwickelt werden. Allerdings wurde das Joint Venture bereits 2014 wieder beendet. Grund dafür war das langsame Wachstum der Nachfrage nach Elektroautos in Europa, aus dem eine geringe Nachfrage nach Batteriezellen resultiert. Letztendlich waren die Synergieeffekte, die sich die Unternehmen im dem Joint Venture erhofft hatten, zu gering (vgl. Yonhap News Agency 2014; Automobilwoche 2012).

Neben strategischen Partnerschaften und Joint Ventures gibt es Entwicklungskooperationen zwischen Zulieferern. Beispiele hierfür sind die Entwicklungskooperationen der Firma Akasol Engineering. Akasol Engineering wurde 2008 in Darmstadt gegründet und stellt ein Lithium-Ionen-Batteriesystem her, das bereits in verschiedenen Fahrzeugen erprobt und erfolgreich eingesetzt wurde (vgl. BEM 2012, S. 82 f.). Akasol ist damit ein vergleichsweise neuer Akteur in der Automobilindustrie, so dass Kooperationen mit etablierten Akteuren vorteilhaft sind. Diese haben Kenntnisse über die Strukturen der Innovationssysteme und der Branche sowie Erfahrungen mit den OEM. Akasol unterhält seit 2011 eine Entwicklungskooperation mit Continental zur Entwicklung von Hochvolt-Lithium-Ionen-Batterien (vgl. FAZ 2013b; Continental/ Akasol 2011). Eine weitere Entwicklungskooperation für Lithium-Ionen-Batterien besteht zwischen Akasol und Siemens (vgl. Akasol 2013). Ein anderes Beispiel ist die Entwicklungskooperation zwischen Bosch und Getrag, zwei

etablierte Zulieferer der Automobilindustrie, die bei neuen Technologien für die Elektrifizierung von Fahrzeugen kooperieren. Auf der IAA 2009 zeigten sie zwei gemeinsame Entwicklungskonzepte: ein hybridisiertes Doppelkupplungsgetriebe für Hybridautos, das von einem Verbrennungsmotor angetrieben wird und über eine achsparallele Elektromaschine verfügt, und einen Elektromotor für die Hinterachse von Elektroautos, der über eine Batterie gespeist wird. Beide Systeme sind seit 2014 in Serie verfügbar (vgl. Bosch Mobility Solutions 2015; Automobilwoche 2009).

Entlang der Wertschöpfungskette entstehen auch neue, horizontale Kooperationen, überwiegend zwischen OEM und Zulieferern, um die Entwicklung und Produktion von Teilen, Modulen und Systemen, wie Batterien, Batteriezellen und -systeme, Elektromotoren und andere Teile des elektrischen Antriebs, Ladesysteme, Leichtbau und Leistungselektronik voranzutreiben. Viele dieser Kooperationen bauen auf vorhandene Kooperationen und Lieferbeziehungen auf, andere werden mit Unternehmen geschlossen, die bisher nicht Teil der Automobilindustrie waren und aus anderen Branchen kommen, vor allen aus der Batterietechnik, Elektronik und Materialtechnik. Sie werden in Form von Joint Venture oder Entwicklungskooperationen organisiert. Strategische Partnerschaften sind eher selten und sind meistens kombiniert mit Lieferbeziehungen, wie bspw. bei Bosch und PSA. Die gemeinsam entwickelten, elektrischen Antriebe für Hybridfahrzeuge von PSA werden von Bosch produziert und an PSA geliefert (vgl. Bosch Media Service 2013; Automobilwoche 2010).

Bosch arbeitet im Bereich elektrischer Antriebstechnik auch mit Daimler zusammen. Für die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb von Elektromotoren wurde 2011 das Joint Venture „EM-motive“ gegründet. Ziele sind die Bündelung der Kompetenzen beider Unternehmen, die Beschleunigung der Entwicklungsfortschritte und die Erschließung entsprechender Synergien. Bereits 2012 startete die gemeinsame Produktion, die bis 2020 mehr als eine Mio. Elektromotoren umfassen soll. Der Einsatz der Elektromotoren in Elektrofahrzeugen von Mercedes-Benz und Smart startete ebenfalls 2012. Rund hundert Mitarbeiter werden an den Standorten in Hildesheim und Stuttgart beschäftigt. Bosch verfügt als Technologie- und Dienstleistungsunternehmen über eine hohe Kompetenz in der Entwicklung und Produktion von Elektromotoren und unterhielt bereits vorher in Hildesheim eine Serienfertigung (vgl. EM-Motive 2014; Automobilwoche 2010).

Eine ähnliche Kooperation von BMW ist das Joint Venture „SGL Automotive Carbon Fibers“ (SGL ACF) mit SGL Carbon. Ziel des Joint Ventures ist die Entwicklung und Produktion von Kohlefasermaterialien für Elektroautos. Der Einsatz von Kohlefasermaterialien soll das zusätzliche Gewicht von Elektroautos kompensieren, das durch die schweren Batterien entsteht, und so die Reichweite der Fahrzeuge erhöht. Das Joint Venture besteht seit 2009. SGL Carbon bringt die notwendigen Kompetenzen im Bereich Leichtbau mit carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) in die Kooperation ein. Für die Produktion von CFK-Bauteilen wurde ein entsprechendes Produktionsnetzwerk aufgebaut. Das Vorserienprodukt der Carbonfaser-Verbundwerkstoffe, den Precursor, produziert die SGL Group

gemeinsame mit Mitsubishi Rayon in einem Joint Venture im japanischen Otake. In Moses Lake, Washington, USA wird der Precursor in einem Gemeinschaftswerk von SGL und BMW zu Carbonfasern verarbeitet. In Wackersdorf produziert das Joint Venture Carbonfaser-Gewebestrukturen. BMW stellt in Landshut CFK-Bauteile und -elemente her. Für die neuen Werke in Wackersdorf und Moses Lake wurden ca. 90 Mio. Euro investiert. Die Produktion startete 2010. Die CFK-Bauteile von SGL ACF kommen in den elektrischen BMW i-Modellen zum Einsatz (vgl. Automobilwoche 2012, 2010, 2009).

Auch Daimler hat für die Herstellung von Leichtbauteilen ein Joint Venture gegründet. „Euro Advanced Carbon Fiber Composites“ ist ein Gemeinschaftsunternehmen mit dem japanischen CFK-Hersteller Toray, das 2011 gegründet wurde und an dem Daimler zunächst mit einem Anteil von 49,9 Prozent beteiligt war. 2014 reduzierte Daimler seine Anteile deutlich. Die Fachpresse deutet diesen Schritt als Vorbereitung eines Ausstiegs Daimlers aus dem Joint Venture (vgl. Produktion 2014; MFW BW/ e-Mobil BW/ Fraunhofer IAO 2011).

VW unterhält verschiedene Kooperationen im Bereich Elektromobilität, schwerpunktmäßig in der Batterietechnologie. Darunter ist ein Joint Venture mit dem deutschen Batteriehersteller Varta Microbattery, die 2009 gegründete „Volkswagen Varta Microbattery Forschungsgesellschaft“, die sich mit der Entwicklung von neuen Batteriesystemen beschäftigt. Varta verfügt über Kompetenzen im Bereich Lithium-Ionen-Batterien und in der Fertigungstechnologie von Batterie. Die Unternehmen versprechen sich von der Kooperation die Erschließung von Synergien, die Weiterentwicklung der Batterietechnik und deren kostengünstige Herstellung (vgl. Volkswagen 2014; Automobilwoche 2010; Dispan/ Meißner 2010, S. 27; Varta/ Montana 2009).

Allerdings gibt es nicht nur positive Beispiele von Joint Venture zwischen OEM und Zulieferern. Die beiden von Daimler gegründeten Joint Venture mit Evonik, einem deutschen Unternehmen für Spezialchemie, hatten keinen dauerhaften Bestand. Das erste Joint Venture im Bereich Elektromobilität von Daimler war die 2008 gegründete „Li-Tec Battery GmbH“. Ziel war die Entwicklung und Produktion von Lithium-Ionen-Batteriezellen. Das Joint Venture, an dem Daimler zunächst 49,9 Prozent hielt, wurde 2014 ganz von Daimler übernommen und als hundertprozentiges Tochterunternehmen weitergeführt. Auch das zweite Joint Venture mit Evonik, „Deutsche ACCUmotive GmbH“, an der Daimler zunächst nur mit zehn Prozent beteiligt war, wurde 2014 von Daimler übernommen. Die Deutsche ACCUmotive GmbH konzentriert sich auf die industrielle Serienproduktion von Lithium-Ionen-Batterien (vgl. Springer 2014a; Automobilwoche 2010; Dispan/ Meißner 2010, S. 27; Dudenhöfer 2010, S. 16). Über die Gründe für das Ende der Kooperation zwischen Daimler und Evonik wurde wenig bekannt. Ein Grund ist sicher die schwierige, wirtschaftliche Lage der Batterieproduktion für automobiler Anwendungen in Deutschland, besonders die geringe Wirtschaftlichkeit der Batteriezellen-Produktion. Li-Tec Battery stellt Ende 2015 die

Produktion von Batteriezellen ein und wird seitdem als reine Forschungsgesellschaft mit deutlich weniger Mitarbeitern weitergeführt. Ein Teil der Li-Tec-Mitarbeiter werden bei Deutsche ACCU-motive weiter beschäftigt (vgl. Daimler 2015b).

Zwischen OEM und Zulieferer gibt es auch Entwicklungskooperationen, die nicht in der Gründung eines Joint Ventures münden. Bspw. unterhält Siemens eine Entwicklungskooperation für Elektroantriebe, Leistungselektronik und Ladetechnik mit Volvo. Die Kooperation wurde 2012 auf ein Elektrobussystem ausgeweitet für das Siemens Elektroantrieb, Leistungselektronik und Ladetechnik liefert (vgl. Siemens 2015; Automobilwoche 2010). Eine weitere Kooperation wurde zwischen BMW und Siemens für die Entwicklung eines induktiven Ladesystems gegründet (vgl. Automobilwoche 2010). Ein induktives Ladesystem für BMW Modelle ist allerdings noch nicht verfügbar. Über eine Weiterführung der Kooperation gibt es keine aktuellen Informationen.

VW unterhält neben dem Joint Venture mit Varta eine weitere Kooperation im Bereich Batterieentwicklung. Seit 2008 besteht eine Kooperation mit Sanyo, einem der größten, japanischen Elektronik- und Elektrik-Hersteller, der inzwischen einer Tochtergesellschaft von Panasonic ist. Sanyo produziert die Lithium-Ionen-Batterien für den e-up! (vgl. Spiegel Online 2012; Automobilwoche 2010; Dispan/ Meißner 2010, S. 27). VW kooperiert außerdem seit 2010 mit dem japanischen Unternehmen Toshiba für die Entwicklung von Elektroantrieben, Batteriesystemen und Leistungselektronik (vgl. Automobilwoche Mai 2010; Dispan/ Meißner 2010, S. 27). Auch zu dieser Entwicklungskooperation liegen keine aktuellen Informationen vor.

Für die FuE von Elektroautos und deren Komponenten bilden sich neue Kooperationen zwischen etablierten und neuen Teilnehmern der Innovationssysteme. Bei Kooperationen zwischen OEM handelt es sich entweder um solche, bei denen die Entwicklung eines Gesamtfahrzeugs oder eines neues Fahrzeugkonzepts im Vordergrund steht, oder um die Entwicklung von Teilen, Modulen oder Systemen, meistens um die Entwicklung von elektrischen Antriebssystemen. Die Fahrzeug- und Antriebsentwicklung bildet eine Kernkompetenz der OEM. Die Bereitschaft zur Kooperation in diesem Bereich zeigt, dass die aufwändige Entwicklung neuer Fahrzeugkonzepte und deren Produktion, die bisher eher geringe Stückzahlen umfasst, besser gemeinsam bewältigt werden kann. Die Kooperationen beinhalten teilweise Übereinstimmungen, nach denen deutsche OEM ihre ausländischen Partner mit Verbrennungsmotoren beliefern. Der Verbrennungsmotor verliert damit an Bedeutung für Differenzierungsstrategien, Markenimage und die Wettbewerbsfähigkeit der OEM. Die OEM nehmen dabei in Kauf die Exklusivität ihrer Modelle einzuschränken und entwickeln andere Differenzierungsmerkmale, z. B. beim Design, Ausstattungsmerkmalen oder Komfort- sowie Informations- und Entertainmentfunktionen.

Eine Besonderheit bilden die Kooperationen zwischen deutschen und chinesischen OEM. Der chinesische Markt ist für ausländische Hersteller nur über Joint Venture und Kooperationen

zugänglich und verspricht allgemein und in Bezug auf Elektromobilität große Entwicklungs- und Absatzpotentiale. Die Partnerschaften mit chinesischen OEM sind deshalb besonders stabil. Bei den strategischen Partnerschaften mit anderen OEM zeigt sich ein differenziertes Bild. Die Partnerschaften zwischen BMW und Daimler, BMW und Toyota und Daimler und Renault-Nissan sind bisher stabil. Das Joint Venture zwischen BMW und PSA ist dagegen durch die Anteilsübernahme von GM bei PSA gescheitert, und auch die Kooperation zwischen Daimler und Tesla beschränkt sich inzwischen auf eine Lieferbeziehung.

Kooperationen zwischen Wettbewerbern sind prinzipiell problematisch, da konkurrierende Unternehmen Wissen über Technologien und Verfahren teilen müssen. Diese Art von Kooperation setzen voraus, dass der wahrgenommene Vorteil der Zusammenarbeit größer ist als der befürchtete Verlust an Exklusivität von Wissen. Vor allem OEM aus Japan sind aber besonders im Bereich der Hybridtechnologie besser aufgestellt als die deutschen OEM. Die deutschen OEM müssen deutlich investieren, um den Anschluss an den Wettbewerb herzustellen oder zu halten. Dies ist besonders dann problematisch, wenn Investitionen mit hohen Risiken verbunden sind und diese Investitionen von einem OEM alleine getragen werden müssen. Dies gilt vor allem für BMW und Daimler, die nicht in breite Konzernstrukturen eingebunden sind, wie VW, Audi und Porsche oder auch Opel und Ford.

Die Beziehungen zwischen OEM und Zulieferern verändern sich insofern, dass neue, für den elektrischen Betrieb eines Autos benötigte Komponenten und Dienstleistungen sowie entsprechende komplette Antriebssysteme zunehmend von den OEM nachgefragt werden. Die Komponentenzulieferung für reine Verbrennungsmotoren wird langfristig abnehmen und somit zunehmend unter Wettbewerbs- und Preisdruck geraten. Durch die vergleichsweise hohe Produktreife kann hier relativ leicht eine Verlagerung der Produktion ins günstiger produzierende Ausland vorgenommen werden. Andererseits bieten sich Chancen für Zulieferer zunehmend Entwicklungsleistungen zu übernehmen und neue Produkte für Elektrofahrzeuge anzubieten. Hier sind besonders Kooperationen und Zulieferungen im Bereich der elektrischen Antriebe und Batterietechnologie von großer Bedeutung. In diesem Bereich können die OEM wenige bis keine eigenen Kompetenzen aufweisen, dennoch beeinflussen die Eigenschaften des Antriebs und der Batterien, die in Elektrofahrzeugen zum Einsatz kommen, maßgeblich deren Fahreigenschaften. Letztere werden von vielen OEM zu den wesentlichen Differenzierungsmerkmalen ihrer Fahrzeuge gezählt. Das gilt besonders für die deutschen Premiummarken wie Audi, BMW und Mercedes Benz. Ein Großteil der beobachtbaren Kooperationen zwischen OEM und Zulieferern befassen sich deshalb mit elektrischen Antrieben, Batterien und Ladesystemen.

Die Entstehung neuer Beziehungen zwischen Unternehmen unterschiedlicher Branchen gilt vor allem für die Elektrotechnik und die Software-Branche, die in Teilen durch zunehmende Bedeutung von Information, Entertainment und Komfortfunktionen in Fahrzeuge bereits zuvor eng mit der

Automobilindustrie zusammengearbeitet hat, die chemische Industrie, die vor allem durch die Schlüsselstellung der Batteriesysteme im Elektroauto deutlich an Bedeutung für die Automobilindustrie gewinnen, und die Energiewirtschaft, die besonders im Bereich Ladeinfrastruktur über komplementäre Kompetenzen und Produkte verfügt. Auch die Bauindustrie, z. B. im Bereich Tiefbau, Wohnungsbau und Stadt- und Verkehrsplanung, gewinnt an Bedeutung, wenn es um den Aufbau von notwendigen Infrastrukturen geht (vgl. acatech 2010, S. 24).

Besonders im Bereich Batteriesysteme verfügen die etablierten Akteure der deutschen Automobilindustrie über wenig eigenes technologisches Know-how, so dass in diesem Bereich viele Kooperationen entstehen. Branchenfremde oder relativ junge Unternehmen haben dagegen wenig Erfahrung mit den Entwicklungsprozessen der Automobilindustrie (vgl. Dispan/ Meißner 2010, S. 27). Die neuen Akteure sind nicht vertraut mit den bestehenden Strukturen der Automobilindustrie und Kooperationen erweisen sich oftmals als problematisch. Ihr Gelingen ist nicht selbstverständlich, im Gegenteil ist es eher unwahrscheinlich, so dass viele Beziehungen nach Abschluss eines Entwicklungsprojekts nicht weitergeführt oder Joint Venture wieder aufgelöst werden. Spannungen entstehen zwischen den Partnern, wenn Ziele unterschiedlich gesetzt werden oder unterschiedliche Vorstellungen über die Zielerreichung herrschen. Kooperationen zwischen Unternehmen unterschiedlicher Branchen, die bisher keine oder nur wenige Beziehungen zueinander unterhalten haben, sind keine einfachen Kooperationen. Verschiedene Branchen weisen zum Teil erheblich unterschiedliche Innovationsdynamiken auf. Unterschiedliche Erwartungen an die Geschäftsentwicklungen und die Umsetzung von Entwicklungen in Produkte führen oftmals dazu, dass Kooperationen beendet und Joint Venture von einem der Partner übernommen werden. Die Gründe für das Scheitern von Kooperationen liegen meistens nicht in der Technologie, die gemeinsam entwickelt werden soll, sondern vielmehr in der Organisation von Entwicklungsprozessen und der unterschiedlichen Innovationskultur, die zu Problemen bei der Kommunikation und somit der gegenseitigen Anpassung von Strukturen führt. Oftmals liegen die Geschäftsinteressen trotz geteiltem Interesse an einer Technologie sowie die Vorstellungen zur Geschäftsentwicklung zu weit auseinander (vgl. Canzler/ Knie 2009, S. 25). Beispiele sind die gescheiterten Joint Venture SB LiMotive, Brose SEW Elektromobilitäts GmbH, das Joint Venture von Continental und SK Innovation, Li-Tec und Deutsche ACCUotive. Die letzten beiden Beispiele zeigen, dass nicht nur vertikale Kooperationen zwischen Wettbewerbern sondern auch horizontale Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette problematisch sein können. Die wirtschaftlich schwierige Lage der Elektromobilität macht es den beteiligten Akteuren zusätzlich schwierig Kooperationen langfristig aufrecht zu erhalten.

Die Entwicklung neuer Technologien und Erschließung neuer Märkte erfordert hohe Investitionen und birgt eine Vielzahl von Risiken, die durch Kooperationen geteilt und so für die einzelnen Partner abgemindert werden können, vor allem wenn die Geschäftsaktivitäten formal z. B. in einem Joint

Venture von denen der Mutterkonzerne getrennt werden. Unternehmen sind in der Regel in mehr als einer Kooperation aktiv und somit Teil verschiedener Innovationssysteme. Das gilt vor allem für diejenigen Unternehmen, die sich die Aufteilung ihrer FuE-Aktivitäten leisten können und so von der Vielfalt ihrer Kooperationspartner profitieren. Mit den Kooperationen werden verschiedene Ziele verfolgt. Neben wirtschaftlichen Zielen der Kostenminimierung und Vergrößerung von Skaleneffekten ist ein wichtiges Ziel der Zugang zu Technologien und komplementären Wissensbeständen. Viele Unternehmen verbinden auch langfristige Beziehungen mit FuE-Kooperationen und hoffen durch die gemeinsamen Aktivitäten den jeweiligen Partner als Kunden oder Lieferant dauerhaft zu binden. Weiterhin erhoffen sich die Partner durch Kooperationen eine Erhöhung der Entwicklungsqualität und eine Verkürzung von Entwicklungszeiten (vgl. Schade et al. 2012, S. 105 ff.; Barthel et al. 2010, S. 25; Dilk/ Gleich/ Staiger 2007, S. 6 f.).

Die Innovationssysteme der Automobilindustrie sind größtenteils von einem stabilen Netz von Beziehungen unter etablierten Partnern geprägt. Diese Stabilität sorgt zwar für gegenseitiges Vertrauen und Verlässlichkeit, aber auch zu starren Strukturen, die technologisch unflexibel sind und deshalb Innovationsprozesse eher behindern. Kooperationen mit Partnern außerhalb der etablierten Systeme können dazu beitragen technologische Lock-In-Situationen aufzulösen und das Innovationsgeschehen dynamischer zu machen (vgl. Dilk/ Gleich/ Staiger 2007, S. 17). Dabei differenzieren sich neben den etablierten Systemen neue aus, deren Strukturen von den neuen Partnern mit gestaltet werden. Diese neuen Systeme agieren oft dynamischer und schneller als die etablierten Systeme. Dadurch werden die etablierten Systeme unter Innovationsdruck gestellt, so dass sich der Wandel der Systeme insgesamt beschleunigt (vgl. Dispan/ Meißner 2010, S. 72).

Kooperationen bergen neben Vorteilen auch Nachteile und Risiken, wie z. B. den Verlust von Exklusivität und Marktvorsprüngen. Die neu entstehenden Innovationssysteme sind mit einem hohen Risiko des Scheiterns verbunden, da ihre Strukturen weniger stabil und die Erwartungshaltungen und Ziele der Partner oft recht unterschiedlich sind. Eine Kooperation kann nur dann erfolgreich sein, wenn beide Partner einen Vorteil im Wissensaustausch und der gemeinsamen Wissensproduktion sehen. Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen und mit unterschiedlichem Erfahrungshintergrund müssen ihre Strukturen aneinander anpassen, um zusammenarbeiten zu können (vgl. Canzler/ Knie 2009, S. 25 f.). Viele Kooperationen sind deshalb zunächst zeitlich begrenzt und beziehen sich auf die Entwicklung konkreter Technologien und Produkte oder die Erprobung konkreter Nutzungsszenarien. Ob eine strategische Partnerschaft darüber hinaus aufrechterhalten und fortgeführt wird, entscheidet sich je nach den gemachten Erfahrungen und der wahrgenommenen Vorteilhaftigkeit der Zusammenarbeit.

4.1.3 Andere Energiequellen – neue Infrastrukturen: Die Zusammenarbeit mit der Energiewirtschaft und Ladeinfrastrukturbetreibern

Bei Elektrofahrzeugen ist anders als bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, bei denen die Kraftstoffversorgung durch ein ausgeprägtes und flächendeckendes Tankstellennetz gesichert ist, die Frage nach der Verfügbarkeit von Lademöglichkeiten wesentlich für die Verbreitung der Fahrzeuge. In Deutschland ist eine flächendeckende Stromversorgung zwar unproblematisch, aber es gibt bisher keine flächendeckende Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, die für die Durchsetzung von Elektromobilität erforderlich wäre. Die Aufgabe des Ladeinfrastrukturaufbaus übersteigt die Möglichkeiten der Automobilindustrie. Eine enge Kooperation der Akteure aus der Automobilindustrie, Energiewirtschaft und Elektronikindustrie sowie mit Städten und Kommunen ist notwendig und erfordert eine staatliche Koordination der beteiligten Akteure, da es bei der derzeit geringen Verbreitung von Elektrofahrzeugen kein Geschäftsmodell für den Betrieb von Ladeinfrastruktur gibt (vgl. Rammler/ Weider 2011, S. 14; Wirtschaftsministerium BW/ Fraunhofer IAO/ WRS 2010, S. 55; Jürgens/ Sablowski 2008, S. 133.)

Prinzipiell gibt es verschiedene Varianten von Ladeinfrastruktur, die sich neben technischen Unterschieden wie Laden mit Wechsel- oder Gleichstrom (AC/DC) durch die örtlichen Gegebenheiten unterscheiden. Die am einfachsten zu realisierende Variante sind Lademöglichkeiten für Elektrofahrzeuge auf privatem Grund. Dort können Elektrofahrzeuge je nach den örtlichen Gegebenheiten an Haushaltssteckdosen oder an relativ einfach und günstig zu installierenden Wallboxen in privaten Garagen, an privaten Stellplätzen oder auf Unternehmensgelände geladen werden. Dies hat allerdings den Nachteil einer relativ langen Ladedauer von in der Regel bis zu acht Stunden. Ein weiterer Nachteil privater Ladeinfrastruktur ist der begrenzte Zugang. Besonders in Großstädten, einem wesentlichen Einsatzgebiet von Elektrofahrzeugen, verfügen die wenigsten Menschen über eine private Garage oder einen privaten Stellplatz mit Stromanschluss, so dass diese Variante der Ladeinfrastruktur nur einem Teil der Bevölkerung zur Verfügung steht (vgl. Lerch/ Kley/ Dallinger 2010, S. 8).

Öffentliche Ladeinfrastruktur meint dagegen Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum, die prinzipiell allen zugänglich ist. Diese Art der Ladeinfrastruktur wird als besonders wichtig für die Akzeptanz von Elektromobilität angesehen, da sie vor allem dem Bedürfnis nach Sicherheit der Fahrer entgegen kommt. Da die Reichweiten von Elektroautos geringer sind als bei herkömmlichen Autos, kann ein Nachladen im öffentlichen Raum z. B. zwischen Hin- und Rückfahrt je nach Entfernung des Fahrtziels notwendig werden. Eine weitere Variante ist Ladeinfrastruktur im halb-öffentlichen Raum, d. h. an Stellplätzen, die sich zwar auf privaten Grundstücken befinden, aber der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden können wie bspw. auf Parkplätzen, die zu einem Laden, Supermarkt, Unternehmen

oder Parkhäusern gehören. Die Frage nach der Verfügbarkeit, dem Aufbau und der Zugänglichkeit von Ladeinfrastruktur im (halb-)öffentlichen Raum kann als eine Kernfrage der Diffusion von Elektroautos angesehen (vgl. ebda.).

Eine weitere Variante der Ladeinfrastruktur, die sich allerdings bisher nicht durchsetzen konnte, sind Batteriewechselstationen. Der Hauptakteur in diesem Bereich war Better Place. Das Unternehmen plante Batteriewechselstationen einzurichten, an denen Kunden eine leere gegen eine vollgeladene Batterie austauschen lassen können (vgl. ebda.; Yay 2010, S. 65). Batteriewechselstationen wurden in verschiedenen Projekten in Israel, Dänemark und Japan erprobt, konnten sich allerdings u. a. aufgrund mangelnder Standardisierung der Batterien und Schnittstellen zwischen Batterien und Fahrzeugen unterschiedlicher Modelle und Größe nicht durchsetzen. Das System wurde nur von Renault-Nissan unterstützt (vgl. Deutsche Bank Research 2011, S. 19; Wirtschaftsministerium BW/ Fraunhofer IAO/ WRS 2010, S. 52). Better Place meldete im Mai 2013 nach hohen Verlusten und mehreren Führungswechseln Insolvenz an (vgl. Manager Magazin Online 2013a).

Beim Aufbau der Ladeinfrastruktur für Elektroautos stellt sich vorrangig die Frage, wer für diesen zuständig ist und wer die notwendigen Investitionen tätigt bzw. tätigen kann. In der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur und Stromversorgung für Elektroautos haben Energieversorger ein neues Geschäftsfeld erkannt, das allerdings noch wenig lukrativ ist. Die Bereitstellung von Ladestrom, Lademöglichkeiten und mit dem Laden verbundene Mehrwertdienste stellen einen neuen Teil der elektromobilen Wertschöpfungskette dar, der nicht durch die vorhandenen Kompetenzen der Automobilbranche abgedeckt werden kann. Elektromobilität ist für Energieversorger besonders im Zusammenhang mit dem steigenden Bedarf dezentraler Energiespeicher für den Ausbau regenerativer Energien interessant (vgl. Schwedes 2013, S. 60; Dispan/ Meißner 2010, S. 25 f.; Radic o. J., S. 13; Canzler/ Knie 2009, S. 26).

Neben Stromversorgern bieten verschiedene Elektrotechnik- bzw. Elektronikkonzerne Ladeinfrastrukturlösungen an. Die Wirtschaftlichkeit von Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur ist allerdings bisher nicht gegeben, denn der Aufbau ist mit hohen Investitionskosten verbunden, denen relativ geringe Einnahmen durch Ladevorgänge gegenüberstehen. Eine Amortisierung erfolgt – wenn überhaupt – erst langfristig und hängt wesentlich von der weiteren Diffusion von Elektroautos ab (vgl. Wirtschaftsministerium BW/ Fraunhofer IAO/ WRS 2010, S. 55; Yay 2010, S. 74 f.; Dispan/ Meißner 2008, S. 48 f.).

Da die Wirtschaftlichkeit der Ladeinfrastruktur derzeit nicht gegeben ist und zukünftig abhängt von der Anzahl von Elektrofahrzeugen, die eine gewisse Nutzung und Nachfrage garantieren, wird die Unterstützung des Ladeinfrastrukturaufbaus im öffentlichen Raum als eine Aufgabe der Politik und Verwaltung gesehen. Um den Markt für Elektromobilität voranzutreiben, soll öffentliche Ladeinfrastruktur nach Meinung der Wirtschaft staatlich gefördert bzw. mit öffentlichen Mitteln finanziert

werden (vgl. NPE 2011, S. 38 ff.; Kohler 2010, S. 81; Leschus et al. 2010, S. 50 f.). Dafür gibt es verschiedene Förderprogramme der Bundes- und Landesregierungen. Verschiedene Projekte, die bspw. im Rahmen der Modellregionen für Elektromobilität oder im Rahmen des Programms „IKT für Elektromobilität“ vom BMVBS und anderen Ministerien gefördert werden, befassen sich u. a. mit dem Auf- und Ausbau von Ladeinfrastruktur (vgl. BMVBS 2012; Tenkhoff/ Braune/ Wilhelm 2011). Außerdem ist der Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur Teil des Programms „Schaufenster Elektromobilität“, das durch verschiedene Bundes- und Landesministerien gefördert wird (vgl. Deutsches Dialog Institut 2014). Im Rahmen der „Leuchttürme für Forschung und Entwicklung“ werden Projekte mit verschiedenen Forschungsschwerpunkten von der Bundesregierung gefördert, darunter das Thema IKT und Infrastruktur, wobei Ladetechnologie einen Themencluster bildet (vgl. NPE 2012, S. 27 ff.).

Da die Verfügbarkeit von Lademöglichkeiten für die Vermarktung von Elektroautos entscheidend ist, werden die Aktivitäten der Energieversorger und Ladeinfrastrukturanbieter zunehmend relevant für die Innovationssysteme der Automobilindustrie. Diese neuen Akteure werden zunehmend in Innovationsvorhaben miteinbezogen. Sie sind wichtige Akteure am Ende der elektromobilen Wertschöpfungskette, die den Betrieb der Fahrzeuge erst ermöglichen (vgl. Lerch/ Kley/ Dallinger 2010, S. 3 f.).

Alle großen Energieversorger in Deutschland sind im Bereich Elektromobilität und vor allem Ladeinfrastruktur aktiv. Oftmals wird Ladeinfrastruktur im Rahmen von Flottentest in Großstädten und Metropolregionen sowie in Kooperation mit verschiedenen OEM aufgebaut und erprobt (vgl. Handelsblatt 2011b, S. 24; Canzler/ Knie 2009, S. 19 ff.). Die Erprobung der Fahrzeuge setzt die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur mit der entsprechenden Stromversorgung voraus, so dass Kooperationen zwischen Automobilindustrie und Energiewirtschaft in diesem Bereich auf die Komplementarität der Kompetenzen und Produkte der Branchen zurückzuführen sind.

Z. B. starteten EnBW Energie Baden-Württemberg und Daimler die gemeinsame Initiative „e-mobility Baden-Württemberg“. Ziel ist es, Baden-Württemberg zur Vorbildregion für lokal emissionsfreie Elektromobilität zu machen. Die Initiative startet zunächst in Stuttgart, ein weiterer regionaler Schwerpunkt ist Karlsruhe. EnBW bringt Wissen und Kompetenzen der Energielogistik für die Entwicklung intelligenter und kundenfreundlicher Batterielademodelle sowie in der Netzführung und -steuerung ein. Verschiedene Fahrzeuge von Smart und Mercedes-Benz werden im Rahmen von „e-mobility Baden-Württemberg“ eingesetzt (vgl. Handelsblatt 2011b, S.24; Mercedes Benz 2010). Tabelle 4.2 listet weitere Projekte zum Thema Ladeinfrastruktur für Elektromobilität, in denen EnBW aktiv ist.

Aktuelle Produkte von EnBW im Bereich E-Mobilität sind Ladestrom, Ladekarten und Ladeboxen (vgl. EnBW 2016).

Tabelle 4.2.: Aktivitäten von EnBW in Ladeinfrastruktur-Projekten

Projekt	Beschreibung
Elektromobilität im Alltag	EnBW testet gemeinsam mit Bosch in Stuttgart das Fahr- und Ladeverhalten von 500 Elektrorollern; Förderung im Rahmen der Modellregionen Elektromobilität vom BMVBS, Laufzeit: 2009-2011 (1).
CROME	Französisch-deutschen Flottenversuch mit verschiedenen Partnern aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft ²⁹ ; ENBW testet die grenzüberschreitende Kompatibilität der Ladeinfrastruktur (2) (3)
iZEUS	Intelligent Zero Emission Urban System: seit 2012 Folgeprojekt von „MeRegio-Mobi“; Partnerkonzept für Stadtwerke und Kommunen in Baden-Württemberg (4).
Elektromobilität Süd-West	Kooperationsnetzwerk von rund 80 Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft aus der Region Karlsruhe – Mannheim – Stuttgart – Ulm zur Förderung von Elektromobilität; initiiert von der Bundesregierung (4)
EnBW ist Partner im Schaufenster Elektromobilität LivingLab BW^e mobil und in folgenden Projekten aktiv:	
Stuttgart Services	Ziel ist die Entwicklung eines einheitlichen Zugangsmediums zu multimodalen Elektromobilitäts- und ergänzenden Angeboten (5)
Aufbau Ladeinfrastruktur Stuttgart und Region	Von März 2012 bis Dezember 2013 wurden ca. 500 Ladestationen errichtet (5)
Ladeinfrastruktur Stuttgart und Region	Folgeprojekt von „Aufbau Ladeinfrastruktur Stuttgart und Region“; Erprobung der Infrastruktur im Carsharing-Betrieb von Car2go (5)
AUDI NEoS	EnBW testet mit Audi Infrastruktur im einem gewerblichen Flottentest in Stuttgart (5)
InFlott - Integriertes Flottenladen	EnBW arbeitet u. a. mit PBW Parkraumgesellschaft Baden-Württemberg zur Integration von Elektrofahrzeugen in Fahrzeugflotten zusammen (5)
e-Call a Bike und e-Flinkster in Stuttgart	EnBW unterstützt DB Rent/ DB Fuhrpark Services bei einer integrierten Infrastruktur (5)

Quellen: (1) WRS o. J., (2) KIT 2013a, (3) MFW BW/ e-mobil BW/ Fraunhofer IAO 2011, (4) e-mobil BW 2012 (5) e-mobil BW/ WRS 2014

Ähnliche Projekte zum Ladeinfrastrukturausbau gibt es in Berlin, wo dieser unter anderem von RWE vorangetrieben wird. RWE ist einer der aktivsten, deutschen Energieversorger im Bereich Ladeinfrastruktur (vgl. Handelsblatt 2011b, S. 24). RWE kooperiert ebenso wie EnBW mit verschiedenen OEM, u. a. mit Daimler, wobei gemeinsam der Einsatz des Smart ED getestet wird (vgl. Automobilwoche edition 2010, S. 32). Außerdem ermöglicht RWE in Berlin das Laden der rein elektrischen Carsharing-Flotte von Multicity mit Strom aus erneuerbaren Energien (vgl. Multicity Citroën 2013). Bei RWE Effizienz wurde für Aktivitäten im Bereich Elektromobilität der Geschäftsbereich E-Mobility gegründet (vgl. Automobilwoche 11, Mai 2010, S. 4). Wie EnBW ist RWE in verschiedenen Förderprojekten zum Aufbau und Test von Ladeinfrastrukturen aktiv (siehe Tab. 4.3).

²⁹ Partner im Projekt CROME (Cross Border Mobility for Electric Vehicles – grenzüberschreitender Verkehr für Elektrofahrzeuge) sind Electricité de France (EDF), EnBW, Porsche AG, PSA Peugeot Citroën, Renault, Robert Bosch GmbH, Schneider Electric, Siemens AG, KIT IIP, BMWi, BMVBS, Ministère de l'Économie, des Finances et de l'industrie, Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.

Tabelle 4.3.: Aktivitäten von RWE in Ladeinfrastruktur-Projekten

<i>Projekt</i>	<i>Beschreibung</i>
e-mobility	RWE Effizienz entwickelte u.a. gemeinsam mit der TU Dortmund und der TU Berlin innovative Ladetechnologien und untersuchte deren Integration in die Elektrizitätsnetze auf Basis regionaler, erneuerbarer Energien; Laufzeit: 2009-2011; gefördert im Rahmen von „IKT für Elektromobilität“ vom BMWi (1).
IPIN Integrationsplattform Intelligente Netze	RWE untersucht u.a. zusammen mit E.ON, inwieweit Elektromobilität einen sinnvollen Beitrag zum Netzmanagement leisten kann und welcher gegenwärtige und zukünftige Bedarf an Speichertechnologien besteht; gefördert im Internationalen Schaufenster Berlin-Brandenburg (2)
DC Ladestation am Olympiapark	Projekt im Schaufenster Elektromobilität „Bayern –Sachen Elektromobilität verbindet“ (3).

Quelle: (1) B.A.U.M. Consult GmbH 2012, (2) eMO 2014, (3) Bayern Innovativ 2014

RWE verkauft „Stromtankstellen“ und vermittelte gemeinsam mit Sixt Elektroautos von Mitsubishi und Citroën (vgl. Horizont 2011, S. 48). Dafür hatte sich RWE 2010 ein Kontingent von fast 1.000 Fahrzeugen von Mitsubishi, Peugeot und Citroën gesichert. Die Fahrzeuge werden inklusive kostenlose Ladesäulen und ein Jahr gratis Ökostrom zu einem Komplettpreis von 30.133 Euro angeboten (vgl. Automobilwoche Online Oktober 2010). Zuvor hatte RWE bereits ähnliche Angebote mit Ökostrom, Ladestation und Zugang zu öffentlichen RWE-Ladesäulen mit dem Mirco-Vett 500, einen Elektroauto auf Basis des Fiat 500, dem Lieferwagen Micro-Vett Fiorino E und dem Tesla Roadster angeboten. Diese waren aber aufgrund der Kosten für die Elektrofahrzeuge deutlich teurer (vgl. Yay 2010, S. 76). Bereits 2010 hatte RWE deutschlandweit über 500 Ladepunkt in Betrieb (vgl. Automobilwoche Online Oktober 2010). Die RWE Effizienz GmbH kooperiert dabei unter anderem mit dem Mineralölkonzern AVIV und dem Star-Tankstellenbetreiber ORLEN, um Ladeinfrastruktur und Bezahl-systeme an Tankstellen aufzubauen (vgl. Automobilwoche Online September 2010, August 2010). Auch RWE und Renault-Nissan haben eine Elektromobilitätspartnerschaft geschlossen (vgl. Automobilwoche 14, Juni 2010, S. 16). Außerdem gibt es eine Allianz zwischen RWE und dem Parkhausbetreiber Apcoa für den Betrieb von Ladestationen in Parkhäusern (vgl. Handelsblatt 2011b, S. 24; Wirtschaftsministerium BW/ Fraunhofer IAO/ WRS 2010, S. 52). Aktuell vertreibt RWE Ladeinfrastruktur und Ökostrom für Elektroautos sowie gemeinsam über die Partner Renault-Nissan und Daimler Angebotspakete für Elektrofahrzeug inklusive Ladeinfrastruktur (RWE eMobility 2014).

Der Ladeinfrastrukturaufbau in Berlin wird auch von Vattenfall vorangetrieben (vgl. Handelsblatt 2011b, S. 24). Vattenfall und BMW haben gemeinsam in Berlin u. a. den Mini E getestet (vgl. Automobilwoche edition Mai 2010, S. 32). Vattenfall ist Partner im Internationalen Schaufenster Elektromobilität Berlin-Brandenburg und beteiligt sich dort an verschiedenen Projekten (siehe Tab. 4.4).

Vattenfall vertreibt aktuell Naturstrom aus Windkraft für Elektrofahrzeuge unter dem Namen „E-Mobil Natur“. Dazu gibt es eine eigene Ladebox, die ein deutlich schnelleres Laden ermöglicht als

eine Haushaltsteckdose. Vattenfall betreibt Ladestationen in Berlin und Hamburg, die mit einer Ladekarte genutzt werden können. Außerdem bietet Vattenfall Ladelösungen für Fuhrparks an, die Installation und Wartung der Ladesäule sowie Stromversorgung mit Windenergie beinhalten und auf Wunsch für Kunden sowie öffentlich zugänglich gemacht werden können (vgl. Vattenfall 2015).

Tabelle 4.4.: Aktivitäten von Vattenfall in Ladeinfrastruktur-Projekten

Projekt	Beschreibung
CCS Berlin Combined Charging System	In diesem Projekt wird das CCS für Schnellladen im urbanen Raum entwickelt und getestet
Mirco Smart Grid EUREF	Vattenfall beteiligt sich am Ausbau des Mirco Smart Grid auf dem TU-EUREF Campus zu einem Forschungs- und Erprobungsnetz
SMART	Gemeinschaftsprojekt u.a. von Vattenfall, verschiedenen Stadtwerken, Stromnetz- und Kraftwerksbetreibern zur Entwicklung eines Strom- und Wärmekonzepts für Berlin, das neben einem möglichst hohen Anteil regenerativer Energien aus Brandenburg einen wachsenden Anteil des elektromobilen Verkehrs versorgt

Quelle: eMO 2014

Auch E.ON baut Ladesäulen und Wallboxen (vgl. Automobilwoche Online Oktober 2010). Gemeinsam mit dem TÜV Süd hat E.ON verschiedene Ladesysteme auf ihre Sicherheit im Alltag und ihre Marktreife getestet (vgl. Automobilwoche Online September 2011). Von Audi und E.ON gibt es einen Flottenversuch in München in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken München und der TUM. BMW arbeitet in München ebenfalls mit E.ON sowie mit Siemens und den Stadtwerken München zusammen (vgl. Handelsblatt 2011b, S. 24). E.ON konnte bei einem Flottenversuch mit 15 BMW Mini E wichtige Erkenntnisse für die Installation und den Betrieb öffentlicher und privater Ladesäulen gewinnen (vgl. Automobilwoche 24, November 2009, S. 16). E.ON ist Partner im Internationalen Schaufenster Berlin-Brandenburg und im Schaufenster „Bayern – Sachsen Elektromobilität verbindet“ (siehe Tab. 4.5). E.ON sieht in der Elektromobilität die treibende Kraft nachhaltiger Energie- und Verkehrskonzepte und bietet unter dem Label „E.ON eMobil Ladelösungen“ Ladeboxen und Ökostrom an (vgl. E.ON 2015).

Tabelle 4.5.: Aktivitäten von E.ON in Ladeinfrastruktur-Projekten

Projekt	Beschreibung
IPIN Integrationsplattform Intelligente Netze	E.ON untersucht u.a. zusammen mit RWE, inwieweit Elektromobilität einen sinnvollen Beitrag zum Netzmanagement leisten kann und welcher gegenwärtige und zukünftige Bedarf an Speichertechnologien besteht (1).
Technik, Umsetzbarkeit, Akzeptanz der DC-Ladung auf der Kernachse A9	E.ON errichtet und betreibt gemeinsam mit Siemens und BMW DC-Schnellladesäulen entlang der Autobahn A9 von München über Nürnberg bis Leipzig (2).

Quelle: (1) eMO 2014, (2) Bayern Innovativ 2014

Die Aktivitäten der großen Energieversorger, die auf den Verkauf von Elektroautos in Kombination mit Ladeinfrastruktur und Stromprodukten abzielen, lässt die Frage nach der Kundenschnittstelle bei Elektroautos aufkommen. Obwohl sich die meisten Energieversorger bisher auch den Vertrieb von Ladeinfrastruktur zusammen mit Ökostrom beschränken, zeigen bspw. die Aktivitäten von RWE und die engen Kooperationen beim Vertrieb von Ladelösungen und Elektroautos die zunehmende Bedeutung der Energieversorger im downstream-Bereich der elektromobilen Wertschöpfungskette. Der Vertrieb von Neufahrzeugen – und der Elektromobilitätsmarkt ist zumindest vorübergehend ein reiner Neufahrzeugmarkt – wurde bisher abgesehen von herstellerunabhängigen Leasinganbietern und Fahrzeugvermietern von den OEM, ihren Vertragshändlern und Leasingpartnern dominiert. Bei Elektroautos verschiebt sich der Fokus vom Fahrzeugverkauf hin zu Paketangeboten und „Full-Service-Leasing“-Paketen, die neben dem Fahrzeug, die Batterien z. B. als Leasingbaustein, die private Ladeeinrichtung, das dazugehörige Stromangebot, Zugang zu öffentlicher Ladeinfrastruktur sowie weitere Services z. B. Mobilitätsdienstleistungen beinhaltet. Entsprechende Angebote können OEM nur in Kooperation mit der Energiewirtschaft anbieten und die Energieversorger können durch Fahrzeugvermittlung in kombinierten Angeboten mit Ladeinfrastruktur und Ökostromprodukten indirekt zu Fahrzeugverkäufern werden und die Wahl der Marken und Modelle beeinflussen. Elektromobilität eröffnet damit Marktzugänge für Energieversorger als neue Anbieter (vgl. Kleinhans o. J., S. 10 f.).

Die Erprobung der Elektrofahrzeuge findet zumeist dort statt, wo die Fahrzeuge verkauft werden sollen, und das ist in der Regel zuerst in Großstädten, in denen man die größten Absatzmärkte vermutet. Die Erprobung vor Ort geschieht in Kooperation mit den lokal ansässigen Energieversorgungsunternehmen, denn diese können am besten die Stromversorgung für die Fahrzeuge bereitstellen. Diese sind neben den großen oft lokale Energieversorger, die so zunehmend im Bereich Elektromobilität und Ladeinfrastruktur aktiv werden. In Tabelle 4.6 werden einige Beispiele von lokalen Energieversorgern genannt vor allem von denjenigen, die in Förderprojekten aktiv waren oder sind.

Tabelle 4.6.: Aktivitäten lokaler Energieversorger in Ladeinfrastruktur-Projekten

<i>Energieversorger</i>	<i>Beschreibung der Aktivitäten</i>
EWE	EWE kooperiert im Projekt „Grid Surfer“ mit Infoware und Karmann, um eine reales System aus Elektroautos, Speicherbatterien, Ladestationen, Mess- und Steuerungssystemen, Abrechnungs- und Geschäftsmodellen zu entwickeln (1); EWE betreibt über 100 öffentliche Ladepunkte im Nordwest Niedersachsens (2)
SWU Stadtwerke Ulm / Neu-Ulm	Die Stadtwerke Ulm kooperieren in Ulm mit Car2go für eine kostenlose Versorgung der von Car2go eingesetzten Smart ED mit Naturstrom; private Besitzer von Elektrofahrzeugen können an den öffentlichen SWU Ladesäulen kostenlos Strom beziehen (3)

Stadtwerke Augsburg ³⁰	In der Region Bayerisch-Schwaben haben sich mehrere Energieversorger zusammengeschlossen, um ihren Kunden den Zugang zu Ladesystemen anderer Anbieter zu erleichtern (4); die Stadtwerke Augsburg bieten Komplettpakete für Elektrozweiräder (Pedelects, Elektroroller und Segways) mit Finanzierung, Ladestromflatrate und Rabatt auf ÖPNV-Abos an und betreiben in Augsburg mehrere öffentliche Ladesäulen (5)
MVV Energie	Die MVV Energie kooperiert mit SAP im Projekt „Future Fleets“, bei dem Elektroautos in den Fuhrparks beider Unternehmen eingesetzt werden; Ladestationen und Strom aus erneuerbaren Energien stammen von MVV Energie (gefördert im Rahmen von „IKT für Elektromobilität“ vom BMU, Laufzeit: 2009-2011) (6); MMV Energie ist Konsortialführer des Projekts „Smart Grid Integration“, das die Steuerung des Aufladens der Batterien von Elektroautos erforscht (gefördert im Rahmen des Spitzenclusters „Elektromobilität Süd-West“ vom BMBF, Laufzeit: 2013-2016) (7)
Stadtwerke Duisburg, STAWAG Stadtwerke Aachen	Die Stadtwerke Duisburg und die STAWAG erproben im Projekt „Smart Wheels“ zusammen mit anderen Partnern ihre Infrastrukturen im Hinblick auf die Integration von Elektromobilität (Laufzeit: 2009-2011, gefördert im Rahmen von „IKT für Elektromobilität“ vom BMWi) (6). Die Stadtwerke Duisburg und Aachen sind Partner von ladenetz.de ³¹ (8) Ein weiteres, gemeinsames Projekt ist „econnect Germany“ mit 5 weiteren Stadtwerken zur Integration von Elektromobilität in intelligente Stromnetze (9)
Stadtwerke Cottbus, Stadtwerke Forst	Die Stadtwerke Cottbus und Forst entwickeln gemeinsam mit Vattenfall, Siemens und verschiedenen Kraftwerks- und Stromnetzbetreibern im Projekt „SMART“ ein Strom- und Wärmekonzept für Berlin, das neben einem möglichst hohen Anteil regenerativer Energien aus Brandenburg einen wachsenden Anteil des elektromobilen Verkehrs versorgt (10)
RheinEnergie	RheinEnergie erprobt gemeinsam mit Ford, der Uni Duisburg-Essen, der Stadt Köln und anderen Partnern im Projekt „colognE-mobil“ Ladeinfrastruktur in Köln (gefördert im Rahmen der „Modellregionen Elektromobilität“ vom BMVI) (11); RheinEnergie betreibt bereits 77 Ladepunkte an 13 öffentlich zugänglichen Stadtorten in Köln und Umgebung und plant einen weiteren Ausbau (12)
N-Ergie	Die N-Ergie (Nürnberg) ist Partner im Projekt „e-Nue - Kombinierte geschäftliche und private Nutzung von Elektrofahrzeugen in der Region Nürnberg“ (gefördert im Rahmen des Schaufenster Elektromobilität „Bayern - Sachsen Elektromobilität verbindet“) (13)
Stadtwerke Ingolstadt	Die Stadtwerke Ingolstadt beteiligen sich zusammen mit Audi an der Erprobung einer intelligenten Infrastruktur (13)
Stadtwerke Leipzig	Die Stadtwerke Leipzig erforschen gemeinsame mit BMW im Schaufenster-Projekt „Kundenakzeptanz Elektromobilität bei erhöhter Reichweitenanforderung – Langstreckenpendler“ u. a. die Anforderungen von Langstreckenpendler an die Ladeinfrastruktur und -vorgänge, und im Schaufenster-Projekt, „Laternenparken und Geschäftsmodell Ladeinfrastruktur entwickelt“ zusammen mit anderen Partnern mit dem Ausbau von Ladeinfrastruktur an Straßenlaternen (13)
Stadtwerke München	Die Stadtwerke München kooperieren im Schaufenster-Projekt „Mobilitätsuntersuchungen mit MINI Elektrofahrzeugen im Kontext von Privat- und Flottennutzern in urbanen Zentren“ mit u.a. BMW (13); die Stadtwerke

³⁰ Partner der Stadtwerke Augsburg sind Stadtwerke Landsberg KU, Albwerk, Allgäuer Überlandwerk, Donau-Stadtwerk Dillingen-Lauingen, Elektrizitätswerk Reutte, Erdgas Schwaben, LEW Lechwerke, SWU Stadtwerke Ulm/ Neu-Ulm, Vereinigte Wertach-Elektrizitätswerke.

³¹ Ladenetz.de ist eine Kooperation von Stadtwerken, die Kunden einen einfachen Zugang zur Ladeinfrastruktur aller Partner ermöglicht. Bisher haben sich 46 Stadtwerke der Dachmarke ladenetz.de angeschlossen.

	München waren bereits Partner bei verschiedenen Flottenversuchen von Audi und BMW (14)
Stadtwerke Hannover	Die Stadtwerke Hannover untersuchen gemeinsam mit der Universität Hannover und der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig das Gleichgewicht zwischen Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen und Verbrauch bzw. Speicherung der Energie in Elektroautos (15)
BS Energie	Die BS Energie (Braunschweig) untersucht gemeinsam mit der Braunschweiger Verkehrs-AG und der TU Braunschweig die Nutzungsmöglichkeiten induktiven Ladens von Fahrzeugen des ÖPNV und deren Übertragung auf den Individualverkehr; die BS Energie unterstützt gemeinsam mit Partnern aus Wirtschaft und Verwaltung den Aufbau einer einheitlichen, standardisiert nutzbaren Ladeinfrastruktur in der Metropolregion; Ziel ist durch die Einfachheit der Handhabung Nutzungsbarrieren zu verringern (15)

Quelle: (1) Automobilwoche 12/13, Juni 2010, S. 29, (2) EWE 2014, (3) SWU 2013, (4) SWA 2015a, (5) SWA 2015b, (6) B.A.U.M. Consult GmbH 2012, (7) MVV Energie 2015, (8) ladenetz.de 2015, (9) econnect Germany 2015, (10) eMO 2014, (11) cologneE-mobil 2015, (12) RheinEnergie 2014, (13) Bayern Innovativ 2014, (14) Handelsblatt 2011b, S. 24, (15) Deutsches Dialog Institut 2014

Die vielfältigen Aktivitäten und Kooperationen im Bereich der Ladeinfrastruktur zwischen der Automobilindustrie und der Energiewirtschaft zeigen deutlich, dass sich die Innovationssysteme öffnen und für den Aufbau neuer Infrastrukturen die Integration neuer Akteure mit komplementären Kompetenzen notwendig ist. Dadurch verändern sich die Strukturen der Innovationssysteme, indem sich der Innovationsbereich Ladeinfrastruktur ausdifferenziert und die Grenzen sich soweit verschieben, dass Akteure der Energiewirtschaft Teil der regionalen und überregionalen Systeme werden. Die OEM benötigen die Energieversorger als Kooperationspartnern, um die Stromversorgung von Elektrofahrzeugen sicher zu stellen. Über die Erprobung der Fahrzeuge hinaus bleiben die Kooperationen zwischen Automobilindustrie und Energieversorgungsunternehmen oftmals bestehen, da auch beim Vertrieb der Fahrzeuge die Energieversorgung und Ladeinfrastruktur eine wesentliche Rolle spielen.

Kooperationen mit Ökostromanbieter haben dabei eine strategisch andere Ausrichtung als Kooperationen mit lokalen Partnern, denn erst durch den Betrieb von Elektrofahrzeugen mit Ökostrom können Kunden dem ökologischen Anspruch emissionsfrei zu Fahren gerecht werden. Neben den vielen Ökostromangeboten der regionalen und überregionalen Energieversorger gibt es die spezialisierten Angebote der Ökostromanbieter. Beispiele für Kooperationen zwischen einem Ökostromanbieter und der Automobilindustrie sind die Kooperationen der Naturstrom AG mit BMW und Mitsubishi (vgl. Naturstrom 2015; Automobilwoche Oktober 2012). Naturstrom beliefert öffentlich zugängliche und privat genutzte Ladestationen mit Ökostrom und bietet seinen Kunden dafür verschiedene Sonderkonditionen an. Z. B. unterstützt Naturstrom Privatkunden beim Umstieg auf Elektromobilität mit einer Aufkleber- und Umweltprämie und gewerbliche Kunden mit einer Stromgutschrift bei der Nutzung des Ladenetzwerks Park + Charge. Naturstrom kooperiert mit den Ladeinfrastrukturanbietern Belectric Drive, TheNewMotion und Veniox sowie mit dem

Bundesverband Solare Mobilität e.V. (BSM). Weitere Partner sind der Hamburger Anbieter für ganzheitliche Elektromobilitätslösungen e8energy, der Carsharing-Anbieter MoveAbout, der Ladestromer-Hersteller ebee. Naturstrom ist außerdem Teil eines Konsortiums unter der Führung der Allego GmbH, das eine Ausschreibung der Stadt Berlin zur Errichtung und Betrieb von Ladestationen gewonnen hat (vgl. Naturstrom 2015).

LichtBlick bietet ebenfalls Ladestrom für Kunden unter dem Produktnamen „FahrStrom“ an. Zusätzlich zum Laden zuhause bietet LichtBlick über einen Ladechip Zugang zu öffentlichen Ladesäulen. Ein geplantes Produkt ist „SchwarmEnergie“ für bidirektionales Laden, wobei neben gesteuertem Laden auch die Rückspeisung von nicht genutztem Strom in die Energienetze ermöglicht werden soll. Zu Erprobung bidirektionalen Ladens beteiligt sich Lichtblick an zwei Leuchtturmprojekten, die vom BMUB gefördert werden. In Projekt INEES (Intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen) erprobt LichtBlick gemeinsam mit Volkswagen, SMA Solar Technology und dem Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) das bidirektionale Laden von Elektroautos in Privathaushalten. Im Projekt „3E-Mehrfamilienhaus - Eigenerzeugung, Eigenverbrauch, Elektromobilität“ optimiert LichtBlick gemeinsam mit dem IFEU das lokale Energiesystem von drei Mehrfamilienhäusern, die Ökostrom erzeugen, speichern und in das Stromnetz einspeisen können. Elektroautos werden dabei als mobile Speicher verwendet (vgl. LichtBlick 2015).

Der Ökostromanbieter Greenpeace Energy kooperiert nicht mit der Automobilindustrie, ist aber in zwei Projekten zur Förderung von Elektromobilität aktiv. Zum einen beteiligt sich Greenpeace Energy an einem Projekt des Unternehmensverbands MiLaN „Mit Lust an Natur“ zum Aufbau und Betrieb eines Netzes von Verleih- und Akkuwechselstationen für Elektrofahräder. Zu anderen wurde nach dem gemeinsamen Projekt „Carsharing mit Ökostrom“ mit Cambio CarSharing das Carsharing mit Elektroautos in Hamburg und Köln in den Regelbetrieb überführt (vgl. Greenpeace Energy 2011, 2010).

Neben den Energieversorgern sind andere Unternehmen, vor allem aus der Elektronik und Elektrotechnik im Bereich Ladeinfrastruktur aktiv. Zu Beginn des Elektromobilitäts-Hypes in Deutschland war u. a. Siemens in diesem Bereich sehr aktiv. Siemens Energy entwickelte bspw. Ladesäulen für Parkhäuser und öffentliche Plätze (Automobilwoche 7, März 2010, S. 19). In München arbeitete Siemens mit BMW und den Stadtwerken München für einen Flottenversuch zusammen, bei dem 40 Mini E von März 2010 bis Juni 2011 erprobt wurden. Siemens und BMW erprobten außerdem im Projekt „Drive eCharged“ ein Ladesystem, das die Ladezeit des BMW ActiveE auf ca. eine halbe Stunde verkürzt (vgl. Handelsblatt 2011b, Automobilwoche Online Oktober 2011). Darüber hinaus ist Siemens in verschiedenen Regionen in Schaufensterprojekten aktiv. Im Projekt SMART ist Siemens an der Entwicklung eines Strom- und Wärmekonzepts für Berlin beteiligt, das neben einem möglichst

hohen Anteil regenerativer Energien aus Brandenburg einen wachsenden Anteil des elektromobilen Verkehrs versorgt. Im Schaufenster „Bayern – Sachsen Elektromobilität verbindet“ arbeitet Siemens am Aufbau und Betrieb der DC-Schnellladesäulen entlang der Autobahn A9 von München über Nürnberg bis Leipzig mit. Im Projekt RheinMobil testet Siemens die Wirtschaftlichkeit von Elektroautos bei Dienstfahrten (vgl. eMO 2014; Bayern Innovativ 2014; e-mobil BW/ WRS 2014, S. 20 f.).

Außer Siemens gibt es eine Reihe von Unternehmen, die im Bereich Ladeinfrastruktur aktiv sind, sich in diesem Bereich neue Geschäftsfelder aufbauen und damit Teil der Innovationssysteme der Automobilindustrie werden. In einer im Juni 2012 veröffentlichten Übersicht von Förderprojekten im Bereich Elektromobilität werden über 45 Unternehmen aus dem Bereich Elektronik und Elektrotechnik als Zuwendungsempfänger gelistet (vgl. Die Bundesregierung 2012). Der BEM nennt für FuE in Deutschland im Bereich Ladeinfrastruktur u. a. Solarworld, Voltaris, EMH metering und Conductix (vgl. BEM 03/2011, S. 84 f.). In Kapitel 4.3 wird die Bedeutung der Unternehmen aus diesem Bereich für die FuE in der Elektromobilität und die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie noch einmal aufgegriffen.

Neben Energieversorgern spielen auch Parkflächen- und Parkhausbetreiber eine wichtige Rolle beim Aufbau der Ladeinfrastruktur, da sie öffentlich zugängliche Parkflächen anbieten. An diesen Parkflächen können Lademöglichkeiten angeboten werden, so dass sich die Verfügbarkeit öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur erhöht. Auch für Parkhaus- und Parkplatzbetreiber ergibt sich dabei die Frage der Refinanzierung der Investitionskosten, da die Bereitschaft der Kunden einen Aufpreis für einen Ladeparkplatz zu zahlen gering ist und über Stromverkauf allenfalls langfristig eine Refinanzierung möglich ist. Ein Beispiel einer Kooperation zwischen dem Parkplatzanbieter und OEM ist die Zusammenarbeit von Vinci Park und Renault-Nissan (vgl. Automobilwoche Online Dezember 2010). Weitere Beispiele neuer Kooperationen sind die Allianz zwischen RWE und dem Parkhausbetreiber Apcoa, bei der RWE Ladestationen in den Parkhäusern von Apcoa betreibt, und die Zusammenarbeit zwischen EnBW und der PBW Parkraumgesellschaft Baden-Württemberg zur Integration von Elektrofahrzeugen in Fahrzeugflotten (vgl. e-mobil BW/ WRS 2014; Handelsblatt 2011b, S. 24).

Die ausreichende Verbreitung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur stellt eine wesentliche Voraussetzung für die Diffusion von Elektromobilität dar. Als ausreichend wird von der EU ein Verhältnis von zehn zu eins Fahrzeugen zu Ladepunkten angesehen. Laut Angabe der NPE gab es Mitte 2014 rund 4.800 öffentlich zugängliche Ladepunkte für über 24.000 zugelassene Elektrofahrzeuge. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur habe sich allerdings seit 2012 aufgrund fehlender Geschäfts- und Finanzierungsmodelle deutlich verlangsamt. Die NPE bemängelt, dass der Ausbau überwiegend in Ballungszentren erfolgt, die zu den von der Regierung geförderten Regionen gehören, und nicht flächendeckend angelegt ist (vgl. NPE 2014, S. 23 f.). Allerdings sollte beim

Ausbau der Ladeinfrastruktur auch die veränderte Nutzung von Elektrofahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen berücksichtigt werden. Elektrofahrzeuge sind für die Nutzung in der Stadt und entsprechenden ländlichen Einzugsgebieten optimal, ansonsten eher Teil intermodaler Mobilität und weniger für Langstrecken geeignet.

Wichtig für einen zügigen Aufbau von Ladeinfrastruktur ist die Standardisierung der Stecker-Verbindung zwischen Fahrzeug und Ladesäule sowie die Datenkommunikation und Bezahlungssysteme (vgl. Automobilwoche 11, Mai 2010, S. 4). Zu diesem Zweck wurden 2010 europäische Standardisierungsorganisationen beauftragt bis Ende Mai 2011 einen Vorschlag auszuarbeiten. Die Standardisierung soll einerseits die Sicherheit der Ladeinfrastruktur garantieren und andererseits durch einheitliche Lösungen Markthürden abbauen (vgl. Automobilwoche Online Juni 2010). 2011 wurde der Ladestecker Typ 2 nach IEC 62196-2 als europäischer Standard für AC-Laden festgelegt. Für DC-Laden wurde CCS als Standard in einer EU-Richtlinie festgelegt. CCS ermöglicht gleichzeitig auch AC-Laden und eine standardisierte Kommunikationsschnittstelle. CCS wird seit 2011 mit den USA und Japan als internationaler Standard diskutiert (vgl. NPE 2014, S. 24 ff.; NPE 2012, S. 33 f.; Automobilwoche Online Oktober 2011).

Neben der Standardisierung von Steckerverbindung und Kommunikationsschnittstelle ist die Vereinheitlichung der Abrechnung von Ladestrom wesentlich für einen einfachen Zugang zu öffentlichen Ladesäulen unterschiedlicher Anbieter. Im Rahmen der Leuchtturm-Projekte zu IKT und Infrastruktur gibt es zwei Initiativen zur Vereinheitlichung der Abrechnung von Ladevorgängen. Eine ist das Gemeinschaftsunternehmen Hubeject von BMW, Bosch, Daimler, EnBW, RWE und Siemens mit dem Ziel einen komfortablen und sicheren Zugang zur bundesweiten Ladeinfrastruktur durch den Bau und Betrieb einer Datenplattform zur Vernetzung von Mobilitäts- und Fahrzeuganbietern zu ermöglichen. Die zweite Initiative ist Ladenetz.de von 17 Städten, die eine gemeinsame IT-Lösung für den Zugang zu Ladepunkten erarbeiten, die ein grenzübergreifendes Roaming-Abkommen mit den Niederlande und Österreich anstreben (vgl. NPE 2012, S. 29). Auch in verschiedenen Schaufensterprojekten werden übergreifende Abrechnungs- und Authentifizierungsverfahren erprobt und weiterentwickelt (vgl. NPE 2014, S. 30).

Die gestiegene Bedeutung der Energiewirtschaft und Elektroindustrie in den Innovationssystemen der deutschen Automobilindustrie als wesentliche Akteure im Bereich der Ladeinfrastruktur zeigt sich auch in der Besetzung der NPE. Dort bilden Vertreter der Elektroindustrie und der Energiewirtschaft die dritt- und viertgrößte Gruppe der Wirtschaftsvertreter nach den Vertretern der OEM und der Automobilzulieferer. Unter den Mitgliedern des Lenkungskreises ist ein Vertreter von E.ON. In der AG 3 „Ladeinfrastruktur und Netzintegration“ sitzen u. a. Vertreter von E.ON, EnBW, Vattenfall, RWE, DB Netze Energie, Juwi, BEE, EWE und den Stadtwerken München. Andere Vertreter der Energiewirtschaft sitzen in der AG 4 Normung, Standardisierung und Zertifizierung (RWE) und der AG

7 Rahmenbedingungen (RWE, EnBW, N-ERGIE und Stadtwerke Aachen) (vgl. BMUB 2014a, b). Hier zeigt sich, dass in Gremien zur Abstimmung zwischen Politik und Wirtschaft branchenfremde Akteure vertreten sind. Dabei handelt es sich allerdings überwiegend um Großkonzerne. Die Interessen kleiner, lokaler Unternehmen wie Stadtwerke oder von Ökostromanbietern werden in diesen Gremien wenig berücksichtigt, obwohl sie einen wesentlichen Anteil am Ladeinfrastrukturausbau bzw. am Ausbau erneuerbarer Energien haben.

Eine Parallelisierung der Entwicklung von Elektroautos und Ladeinfrastruktur ist notwendig, um erstens entsprechende Schnittstellen zwischen den Technologien herzustellen und deren Kompatibilität zu sichern und zweitens da eine weitere Diffusion von Elektromobilität nur bei gleichzeitigem Ausbau der Ladeinfrastruktur möglich ist. Diese Gleichzeitigkeit von zunehmender Verbreitung von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur stellt gleichzeitig eine der wesentlichen Herausforderungen der Elektromobilität da. Denn bisher fehlen tragfähige Geschäftsmodelle für den Ausbau und Betrieb von öffentlicher Ladeinfrastruktur, so dass diese wesentlich von politischen Maßnahmen zu deren Förderung abhängig ist. Wichtig ist deshalb die Kooperation und Zusammenarbeit zwischen Energiewirtschaft, Elektronikindustrie, Automobilindustrie, Verwaltungen und Regierungsorganisationen. Die Notwendigkeit der Kooperation zwischen verschiedenen Branchen, die zuvor weniger bis kaum Berührungspunkte hatten, verändern die Strukturen der Innovationssysteme der Automobilindustrie. Die Energiewirtschaft und Infrastrukturanbieter bekommen als neue Akteure in den automobilen Innovations- und Produktionssystemen eine wichtige Rolle, welche die Dominanz der OEM in Frage stellt. Diese strukturellen Verschiebungen beinhalten einen Aushandlungsprozess zwischen den Branchen, bei dem die Machtanteile in den Systemen neu verteilt werden und eine zunehmende, gegenseitige Abhängigkeit der Akteure entsteht, da sie auf die komplementären Kompetenzen und Leistungen der jeweils anderen angewiesen sind.

Der notwendige Infrastrukturausbau für die Verbreitung von Elektromobilität verdeutlicht den systemischen Charakter der Innovation Elektromobilität. Eine Diffusion der Technologie kann nur gelingen, wenn Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in diesem Bereich zusammenarbeiten. Dies liefert einen Beleg für die Bedeutung des Triple-Helix-Modells der Innovationssysteme. Jedem Strang kommt eine bestimmte Aufgabe zu: Die wissenschaftliche Begleitung von FuE-Projekten ermöglicht die Weiterentwicklung und eine Erprobung der Technologien im vorwirtschaftlichen Bereich. Verschiedene Wirtschaftsbereiche – Automobilindustrie und Energiewirtschaft müssen zusammenarbeiten – um die neu entwickelten und erprobten Technologien in den Markt einzuführen. Die Förderung und Subventionierung des Infrastrukturausbaus durch die Politik und staatliche Einrichtungen ist besonders in einem frühen Stadium der Markteinführung aufgrund der gegenseitigen Abhängigkeit von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur sowie der Notwendigkeit einer gewissen Verbreitung für eine wirtschaftliche Nutzung beider Technologie wichtig.

4.1.4 Geschäftsmodelle für Elektromobilität: Anpassung der Nutzung und Suche nach innovativen Vertriebskonzepten

Die traditionell produktorientierten Geschäftsmodelle der OEM werden durch Elektromobilität zunehmend in Frage gestellt. Elektroautos sind keine universal einsetzbaren Fahrzeuge, die wie herkömmliche Autos in Konkurrenz zu anderen Verkehrsmitteln stehen. Vielmehr sind Elektroautos als systemischer Teil einer Elektromobilität zu verstehen, in der verschiedene Verkehrsmittel je nach Nutzungszweck eingesetzt werden. Dabei rückt der Besitz eines Pkw in den Hintergrund und funktionale Mobilitätslösungen, die individuellen Mobilitätsbedürfnissen entgegen kommen, gewinnen an Bedeutung (Radics o. J., S.13).

Die Eigenschaften von Elektroautos werden von vielen Nutzern zunächst als einschränkend empfunden, da Elektroautos aufgrund der beschränkten Batteriekapazität eine deutlich geringere Reichweite haben als herkömmliche Fahrzeuge. Da zusätzliches Gewicht die Reichweite weiter einschränken würde, sind die meisten rein batteriebetriebenen Fahrzeuge Kleinwagen, wodurch Transportmöglichkeiten und Komfort ebenfalls eingeschränkt sind. Fahrzeuge mit Range Extender, also zusätzlichen Verbrennungsmotoren, welche die Reichweite erhöhen und auch in größeren Fahrzeugklassen eingesetzt werden, bedeuten dagegen Kompromisse bei den wesentlichen Vorteile eines Elektroautos, nämlich dem emissionsfreien, lautlosen Fahren. Hinzu kommen die höheren Anschaffungskosten für Elektroautos im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen, welche diese für Nutzer aus ökonomischen Gründen zunächst weniger attraktiv erscheinen lassen, auch wenn die geringeren Betriebs- und Instandhaltungskosten diesen Nachteil langfristig aufheben können (vgl. Deutsche Bank Research 2011, S. 16 f.; Wirtschaftsministerium BW/ Fraunhofer IAO/ WRS 2010, S. 27 f.).

Elektromobilität bedarf neuer Geschäftsmodelle, welche z. B. die Anschaffungskosten reduzieren oder die Unsicherheit in Bezug auf die neue Technologie z. B. bezüglich der Batterieleistung minimieren. Innovative Leasingangebote und Mobilitätsgarantien sind entsprechende Strategien. Innovative Mobilitätskonzepte wie Carsharing ermöglichen eine bessere Ausnutzung der geringen Betriebskosten und Verteilung der Anschaffungskosten auf verschiedene Nutzer. Ähnliche Vorteile ergeben sich auch beim Einsatz in betrieblichen Flotten. Diese neuen Geschäfts- und Vertriebsmodelle sind weniger produkt- und zunehmend dienstleistungs- und nutzungsorientiert (Lerch/ Kley/ Dallinger 2010, S. 3 ff.; Canzler / Knie 2009, S. 25; Kleinhaus o. J., S. 11; Radics o. J., S. 13).

Elektromobilität kann den Umgang mit und die Nutzung des Automobils radikal verändern. Statt des Besitzes eines für möglichst viele Zwecke und Wege einsetzbaren Universalfahrzeugs gewinnt die flexible und integrierte Nutzung von Autos im Zusammenhang mit anderen Verkehrsmitteln an Bedeutung. Neue Geschäfts- und Finanzierungsmodelle müssen konsequent an den Kunden-

bedürfnissen ausgerichtet werden, damit Elektromobilität von den Kunden nicht nur akzeptiert sondern als attraktive Alternative angesehen wird. Neue Geschäftsmodelle für Elektromobilität zu entwickeln stellt die OEM vor erhebliche Herausforderungen. Sie müssen ihre produktzentrierten Vertriebsstrategien erheblich anpassen und sich als Mobilitätsdienstleister neu positionieren. Dieser Aufwand erscheint zunächst wenig lohnenswert, denn ein wirtschaftlicher Erfolg der Elektromobilität ist zumindest kurzfristig wenig wahrscheinlich. Dennoch ist es wahrscheinlich, dass Elektromobilität langfristig eine wesentliche Rolle in der zukünftigen Mobilität zukommen wird, so dass OEM heute bereits neue Strategien entwickeln müssen, um zukünftig nicht den Anschluss an den Markt und die Kunden zu verlieren. Denn bereits jetzt zeichnet sich ab, dass neue Akteure mit innovativen Geschäftsmodellen langfristig in Konkurrenz zu den etablierten OEM treten. Besonders Mietwagen- und Carsharing-Anbieter können in Bereich Mobilitätsangebote jenseits des eigenen Pkw auf Kernkompetenzen zurückgreifen, die bei den OEM in dieser Form nicht vorhanden sind (vgl. Kleinhans o. J., S. 11; Radics o. J., S. 14).

Die Batteriekosten von Elektroautos machen einen wesentlichen Anteil der im Vergleich mit herkömmlichen Fahrzeugen, höheren Anschaffungskosten aus. Hinzu kommen mit der Batterie verbundene Unsicherheiten: Über die Lebensdauer können Batterien an Speicherkapazität verlieren und so dass sich die Reichweite der Fahrzeuge mit der Zeit verringert. Um Mehrkosten bei der Anschaffung und technische Risiken verbunden mit der Batterie zu vermeiden, wurden Batterieleasing-Modelle konzipiert, bei denen die Batterie Eigentum des Herstellers bleibt und vom Kunden gegen einen Nutzungsgebühr geliehen wird. Bei dieser Form des Batterieleasings kann dem Kunden die Leistungsfähigkeit der Batterien garantiert werden, da diese bei Leistungsverlust ausgetauscht werden können. Gleichzeitig werden die Anschaffungskosten von Elektroautos um den Mehrkostenanteil der Batterie gesenkt und mit der Leasingrate über die Fahrzeuglaufzeit verteilt. Die Leasingrate kann ein Full-Service-Angebot mit Stromkosten, Service und Wartung beinhalten. (vgl. Deutsche Bank Research 2011, S. 19; MFW BW/ e-mobil BW/ Fraunhofer IAO 2011, S. 39; Lerch/ Kley/ Dallinger 2010, S. 12).

Renault bietet für alle Z.E.-Modelle ausschließlich Batterieleasing an unabhängig davon, ob ein Fahrzeug gekauft oder geleast wird. Damit sollen die Funktionsfähigkeit der Batterie über die gesamte Laufzeit garantiert und die Kosten für Elektroautos gesenkt werden. Die Leasingrate errechnet sich dabei je nach Modell in Abhängigkeit von der jährlichen Fahrleistung und gewählten Vertragslaufzeit und beinhaltet einen Pannenservice, der auch dann hilft, wenn der Kunde das Nachladen vergessen hat. Mit diesem Service versucht Renault Ängste und Nutzungsbarrieren abzubauen und dem Kunden größtmögliche Sicherheit in Bezug auf die Batterie zu gewähren (vgl. Renault 2015). Ein deutscher OEM, der Batterieleasing anbietet, ist Daimler. Beim Smart ED können Kunden wählen zwischen einem monatlichen Mietpreis für die Batterie von 65 Euro oder dem Kauf

der Batterie, wodurch sich der Kaufpreis um 4.770 Euro erhöht. Die Batteriemiete enthält eine regelmäßige Wartung und den kostenlosen Austausch der Batterie bei technischen Problemen und Leistungsabfall (vgl. Focus Online 2014a).

Da es sich beim Batterieleasing um ein neues Produkt handelt, ist die Preisbereitschaft der Kunden für die Batteriemiete für die OEM zunächst wenig kalkulierbar. Ein Anzeichen dafür, dass die Aufpreisbereitschaft der Kunden relativ gering ist, ist die Preissenkung bei den monatlichen Raten bei Renault im Frühjahr 2014 um bis zu 40 Prozent (vgl. Auto, Motor und Sport 2014). Renault reagiert mit der Preissenkung darauf, dass Elektroautos vor allem von Kunden mit kurzen Wegen und geringen Kilometerleistungen pro Jahr gefahren werden. Für diese „Wenigfahrer“ sind die neuen Batterie-Leasingraten besonders attraktiv. Durch die Möglichkeit den Vertrag während der Laufzeit zu ändern, gehen auch die Kunden, die ihre jährliche Fahrleistung unterschätzen oder im Laufe der Zeit ändern, kein Risiko ein (vgl. Mein Elektroauto 2014).

Batterieleasing kann nicht nur ein attraktives Angebot für Kunden sein, die der neuen Technologie skeptisch gegenüberstehen und zur Absicherung technologischer Risiken ein Leasing der Batterie vorziehen. Gleichzeitig können auch die OEM durchaus mit dem Batterieleasing Einnahmen erzielen, wenn die Lebensdauer der Batterie tatsächlich bis zu zehn Jahre beträgt. Laut Angabe des BEM zahlt bspw. der Käufer eines Smart ED, der sich für Batterieleasing entscheidet, einen Teil der Batterie-kosten bei der Anzahlung. Der Rest der Batteriekosten ist nach ca. vier Jahren über die Leasingrate abbezahlt. An jedem weiteren Monat, den die Batterie im Einsatz ist, verdient der OEM bzw. die Leasinggesellschaft (vgl. BEM Januar 2012, S. 91).

Batterieleasing gehört zu den Vertriebskonzepten, die darauf abzielen die Attraktivität von Elektroautos zu steigern und den Kunden die Angst oder Skepsis vor einer neuen Technologie zu nehmen. Diese Vertriebskonzepte beinhalten oftmals eine Mobilitätsgarantie, die Kunden die Gewissheit geben, dass sie, obwohl sie sich für eine neue Technologie und ein neues Fahrzeugkonzept entschieden haben, jederzeit mobil sein können, wie von herkömmlichen Autos gewohnt sind. Manche Mobilitätsgarantien zielen auf die Unsicherheiten im Umgang mit einer neuen Technologie ab, wie der Pannenservice von Renault, der auch dann hilft, wenn der Kunde das Nachladen einfach vergessen hat. Andere garantieren den Zugang zu öffentlicher Ladeinfrastruktur und wirken so Bedenken bezüglich der Verfügbarkeit von Lademöglichkeiten entgegen. Bei VW haben die Kunden, die sich für ein Elektroauto entscheiden, die Möglichkeit ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor für 30 Tage pro Jahr in den ersten drei Jahren kostenlos zu mieten. Damit sollen Bedenken der Kunden gegenüber einer eingeschränkten Reichweite ausgeräumt werden, in dem den Kunden für den Fall ein konventionelles Auto zu Verfügung gestellt wird. Diese Konzepte dienen dazu, den Kunden die Entscheidung für ein Elektroauto erleichtert werden vor allem in solchen Fällen, in denen ein Elektro-

auto für die alltägliche Ansprüche der Kunden ausreichend oder sogar vorteilhaft ist (vgl. Renault 2015; Focus Online 2014b; Lerch/ Kley/ Dallinger 2010, S. 12 f.).

Zur Erprobung von Elektrofahrzeugen unter Alltagsbedingungen bietet sich neben Feld- und Flottenversuchen, der Einsatz in Mietwagenflotten und im Carsharing an. Carsharing konnte in den letzten Jahren ein stetiges Wachstum verzeichnen und stellt vor allem in Großstädten eine flexible Alternative zum eigenen Pkw dar. Neue IKT unterstützen die Nutzung von Carsharing durch Ortungs-, Buchungs- und Abrechnungsdienste. Beispiele für Carsharing-Projekte, in denen Elektrofahrzeuge zum Einsatz kommen, sind e-Flinkster der Deutschen Bahn (DB), Multicity als Kooperation der DB und Citroën, Car2go von Daimler und DriveNow als Kooperation von BMW und Sixt. Carsharing bietet eine gute Möglichkeit zur gleichzeitigen Erprobung und Verbreitung von Elektrofahrzeuge, da sie erprobt werden können, ohne dass sie vom Nutzer selbst angeschafft werden müssen. Carsharinganbieter können die höheren Anschaffungskosten besser auf ihre Kunden umlegen, durch das positive und innovative Image der Fahrzeuge profitieren und bei technischen Problemen die betroffenen Fahrzeuge ersetzen. Für die OEM ergeben sich mit neuen Carsharing-Angeboten, die Möglichkeit ihre Fahrzeuge in einer frühen Marktphase in größeren Serien zu erproben. Die OEM kooperieren hierzu mit Autovermietungen, Carsharinganbietern, Verkehrsunternehmen und Städten. Für den Öffentlichen Verkehr (ÖV) bietet Elektromobilität eine Ergänzung zu den klassischen Verkehrsträgern, die als neue Angebotsbausteine dienen (vgl. Deutsche Bank Research 2011, S. 18; Wirtschaftsministerium BW/ Fraunhofer IAO/ WRS 2010, S. 30; Canzler/ Knie 2009, S. 26). Tabelle 4.7 gibt einen Überblick von Carsharing-Angeboten, bei denen Elektroautos eingesetzt werden.

Tabelle 4.7: Carsharing-Angebote mit Elektroautos

Projekt	Beschreibung
Multicity	Kooperation von Citroën und der Deutschen Bahn; flexibles Carsharing mit Elektrofahrzeugen in Berlin seit Ende August 2012; gefördert im Rahmen des Projekts „BeMobility 2.0“ sowie im Internationalen Schaufenster Berlin - Brandenburg (1) (2) (3); aktuell mit 350 Citroën C-Zero (4)
e-Flinkster	Carsharing mit Elektroautos der Deutschen Bahn; seit 2011 in Berlin, Hamburg, Darmstadt, Düsseldorf, Frankfurt, Stuttgart, Saarbrücken, Troisdorf und seit 2013 in Garmisch-Partenkirchen mit insgesamt ca. 85 Fahrzeugen (5) (6)
Car2go	Carsharing von Daimler testet den Einsatz von Elektro-Smarts in San Diego und Amsterdam mit jeweils ca. 300 Fahrzeugen (7); die größte Elektroflotte von Car2go mit 500 Fahrzeugen gibt es in Stuttgart (8); in Berlin stehen 16 Smart ED zur Verfügung (9)
DriveNow	Carsharing-Kooperation von BMW und Sixt setzt den BMW ActiveE in San Francisco (rein elektrisches Carsharing), München und Berlin ein (10)
Drive-CarSharing	Drive-CarSharing bietet Elektroautos in Köln, Düsseldorf, Bochum, Braunschweig, Nürnberg und München (1) sowie im Projekt RUHRAUTOe im Ruhrgebiet an; Drive-CarSharing kooperiert mit RWE im Bereich Ladeinfrastruktur (11)

Cambio CarSharing	Cambio (überregionaler Anbieter) setzt den Mitsubishi iMiev und den Smart ED in Hamburg, Köln und Aachen ein (12)
Stadtmobil Carsharing	Stadtmobil (überregionaler Anbieter) setzt Elektroautos (Renault Zoe, Elektro-Fiat 500, Nissan Leaf) in Stuttgart, Karlsruhe, Hannover, Rhein-Main und Rhein-Ruhr ein (12)
Share-a-Starcar	Starcar Autovermietung setzt in Hamburg Elektroautos (VW e-up!, Citroën Berlingo Electricque (Kastenwagen), Fiat 500E Karabag) im Carsharing ein (12)

Quelle: (1) Wirtschaftsministerium BW/ Fraunhofer IAO/ WRS 2010, S. 30; (2) BeMobility 2013; (3) Graff et al. 2015, S. 46 ff.; (4) Multicity Citroën 2015; (5) Sommer/ Maruszczyk 2011; (6) e-GAP 2013; (7) Car2go 2010; (8) Stuttgart 2015; (9) Car2go 2014; (10) DriveNow 2015; (11) Drive-CarSharing 2015a; (12) e-CarSharing 2014

Neben dem Einsatz von Elektroautos in Carsharing-Flotten bieten betriebliche Flotten einen ersten, wichtigen Markt für Elektroautos. Unternehmen, Städte und Kommunen erscheinen als erste Kundengruppe für Elektroautos naheliegender als Privatpersonen, die ein konventionelles Auto durch ein Elektroauto ersetzen. Sie berücksichtigen bei der Anschaffung die Total-Cost-of-Ownership (TCO) deutlich stärker als Privatpersonen. Besonders solche Betriebe, die Fahrten im innerstädtischen Bereich zurücklegen und bei denen die Fahrzeuge an einen bestimmten Ort zurückgebracht werden, an dem die Stromversorgung sichergestellt werden kann, können den Einsatz von Elektroautos gut planen. Größere Flotten bieten die Möglichkeit Elektroautos und herkömmliche Fahrzeuge parallel zu betreiben und je nach Verwendungszweck einzusetzen (vgl. Deutsche Bank Research 2011, S. 18; Lerch/ Kley/Dallinger 2010, S. 11 f.).

Elektrofahrzeuge wurden und werden in verschiedenen Projekten in betrieblichen Flotten erprobt. Tabelle 4.8 gibt eine Übersicht über entsprechende Projekte im Rahmen der vier Schaufenster für Elektromobilität.

Tabelle 4.8: Elektroautos in gewerblichen Flotten

Projekt	Beschreibung
GuEST Zukunftskonzept E-Taxi in und um Stuttgart	Projekt zur Förderung von E-Mobilität durch ein nachhaltiges Geschäftsmodell für E-Taxen; Partner: Bosch, TAZ Taxi-Auto Zentrale, Dekra, zirus, Universität Stuttgart, FKFS; gefördert im Schaufenster Living Lab Baden-Württemberg (1)
Get eReady E-Mobilität für Flottenlösungen von heute	Projekt zur Erforschung des wirtschaftlichen Betriebs von elektromobilen Flotten in Ballungsräumen; Partner: Bosch, Athlon, Heldele, Fraunhofer ISI, KIT; gefördert im Schaufenster Living Lab Baden-Württemberg (1)
Landesfuhrpark Das Land als Vorbild für mehr Elektromobilität	Projekt zur Senkung der CO ₂ -Emissionen der Dienstfahrzeuge des Landes und verstärkter Beschaffung von E-Fahrzeugen unter Beteiligung aller Ministerien des Landes BW und deren nachgeordnete Bereiche; gefördert im Schaufenster Living Lab Baden-Württemberg (1)
RheinMobil Wirtschaftlich im Pendler- und Dienstverkehr?	Grenzübergreifender Flottenversuch zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit von E-Autos im Pendler- (Michelin) und Dienstfahrtenverkehr (Siemens); weitere Partner: Fraunhofer ISI und KIT; gefördert im Schaufenster Living Lab Baden-Württemberg (1)

InFlott - Integriertes Flottenladen Einsatz von Elektrofahrzeugen in Fahrzeugflotten	Projekt zur nutzerfreundlichen, klimaverträglichen und wirtschaftlichen Integration von E-Fahrzeugen in Fahrzeugflotten; Partner: EnBW, ensocm Gigatronik, PBW Parkraumgesellschaft Baden-Württemberg, swarco traffic systems, Fraunhofer IAO, Universität Stuttgart (IAT); gefördert im Schaufenster Living Lab Baden-Württemberg (1)
emd - Erweiterte und adaptive Elektromobilitätsdienste: Technologie, Entwicklung, Bereitstellung	Projekt zur Verbindung von Elektromobilitäts-Angeboten zur nahtlosen gewerblichen und privaten Nutzung eines intermodalen E-Mobilitäts-Ecosystems basierend auf innovativen Informations- und Kommunikationstechnologien; Partner: Orga Systems, Bosch, InnoZ; gefördert im Internationalen Schaufenster Berlin-Brandenburg (2)
Open Mobility Berlin: Vernetzte eMobilitätsdienste für B2B Kunden	Projekt des Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik der TU Berlin zur Ermöglichung eines einfachen Zugangs für Businesskunden zu branchenübergreifenden Mobilitätsdiensten im "Internationalen Schaufenster Elektromobilität Berlin-Brandenburg" (2)
eFahrung: Unternehmensübergreifende Nutzung von E-Fahrzeugen in Unternehmensflotten	Projekt zur Verifizierung wirtschaftlich tragfähiger Geschäftsmodelle anhand einer genossenschaftsartigen Organisation von Firmenflotten hinsichtlich ihrer Elektrofahrzeuge sowohl für die einzelnen Firmenflotten als auch des zugehörigen Ökosystems von Dienstleistungen; Partner: B2M Software AG, DFKI, TU Berlin - Institut für Soziologie, Planungs- und Architektursoziologie; gefördert im Internationalen Schaufenster Berlin-Brandenburg (2)
Elektrifizierung des Landesfuhrparks Berlin	Projekt zur Unterstützung eines bundesweiten, öffentlichen Beschaffungsprogrammes vom Fahrzeugen mit alternativen Antrieben der Senatsverwaltung für Inneres und Sport Berlin, Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, der Berliner Bezirke und nachgeordneten Behörden; gefördert im Internationalen Schaufenster Berlin-Brandenburg (2)
Elektromobilität für soziale Einrichtungen	Projekt zur Erprobung der Zuverlässigkeit von Elektromobilität bei der täglichen Nutzung; Partner: Albert Schweitzer Kinderdorf Berlin e.V., Nachbarschaftsheim Schöneberg Pflegerische Dienste, Björn Schulz Stiftung; gefördert im Internationalen Schaufenster Berlin-Brandenburg (2)
Energieautarke Elektromobilität im Smart-Micro-Grid vom Einfamilienhaus bis zum intelligenten Parkhaus	Projekt zur optimierten Verknüpfung elektrischer Mobilität mit lokaler regenerativer Stromerzeugung mit breiter Skalierbarkeit der Lösung für Einzelkunden und Flottenanwendung; Partner: BMW Group, SMA, TUM Zentrum für nachhaltige Bauen und Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik; gefördert vom BMUB im Schaufenster Bayern-Sachsen (3)
Gewerblich operierende Elektro-Kleinflotten (GO ELK!)	Projekt u. a. zur Identifizierung von Treibern von E-Flotten auf Entscheider- und Nutzerebene; Partner: E.ON, E.ON Energy Research Center PGS, Hochschule Ruhr West, RWTH Aachen; gefördert vom BMVI im Schaufenster Bayern-Sachsen (3)
Mobilitätsuntersuchungen mit MINI Elektrofahrzeugen im Kontext von Privat- und Flottennutzern in urbanen Zentren	Projekt u. a. zur Untersuchung von Verhaltensmuster und Fahrstrategien von Flotten- und Privatnutzern im Erstkontakt und in der Dauernutzung auf Basis der Nutzung von Elektrofahrzeugen im urbanen Raum; Partner: BMW, Stadtwerke München, Flughafen München, TU München; gefördert vom Freistaat Bayern im Schaufenster Bayern-Sachsen (3)
Panamera Plug-In Hybrid	Projekt zur Erprobung von des Panamera S E-Hybrid bei 11 Partnerhotels in Baden-Württemberg, Sachsen und am Flughafen Stuttgart; Partner: Porsche, KIT; Projekt im Rahmen der Schaufenster BW und Bayern-Sachsen (3)
eAutarke Zukunft: Lösungen in Smart Grid-Strukturen	Projekt zur Untersuchung eines nachhaltigen Energieversorgungssystems in verschiedenen Lebens- und Arbeitsbereichen unter Integration der Elektromobilität; Partner: hannoverimpuls GmbH, Helma Eigenbau, AS Solar, TÜV NORD, Universität Hildesheim (Konsortialführung), Hochschule für

	Bildende Künste Braunschweig ITD; gefördert vom BMUB im Schaufenster Niedersachsen (4)
Kommunen für Elektromobilität	Projekt Erforschung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen in den Kommunen der Metropolregion in drei gewerblichen Flotten mit jeweils unterschiedlichen Anforderungen; weiterer Partner: Universität Göttingen; gefördert vom BMVI im Schaufenster Niedersachsen (4)
eCarsharing für Gewerbetunden	Projekt zur Untersuchung der wirtschaftlichen Attraktivität und ökologischen Sinnhaftigkeit von Carsharing mit Elektrofahrzeugen für Anbieter und Gewerbetunden; Partner: Stadtmobil (Konsortialführer), Ernst & Young GmbH, TU Dresden – Lehrstuhl für Verkehrsökonomie; gefördert vom BMWi im Schaufenster Niedersachsen (4)
Standardisierte, offene eMobilitätsdaten-Plattform	Projekt zur Entwicklung einer flexiblen Standardplattform für mobilitätsbezogene Basisdienste für innovative Angebote auch für kleine Unternehmen; Partner: DLR (Konsortialführung), Bellis GmbH, Continental Automotive, NTT DATA Deutschland, T-Systems International, Volkswagen; gefördert vom BMWi im Schaufenster Niedersachsen (4)
Elektroflotten in der Erprobung - Sichtbarkeit und Erfolgsmodelle	Projekt zur Integration von Pedelecs und Elektrofahrzeuge in bestehende betriebliche Flotten; Partner: Paritätischen Wohlfahrtsverbands Niedersachsen e. V., DLR Braunschweig, Institut für Verkehrssystemtechnik, TU Braunschweig, Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport; gefördert durch das Land Niedersachsen im Schaufenster Niedersachsen (4)
Fleets Go Green (Assoziiertes Projekt)	Projekt zur Integration mit geeigneter Messtechnik ausgerüsteten Elektrofahrzeugen in einen Flottenbetrieb; gefördert vom BMUB (4)
Infrastrukturaufbau Volkswagenwerk Wolfsburg (Assoziiertes Projekt)	Projekt zum Nachweis der Erfüllbarkeit von Mobilitätsanforderungen eines Großunternehmens sowohl innerbetrieblich als auch außerbetrieblich durch Elektromobilität (ohne Förderung) (4)

Quelle: (1) e-mobil BW/ WRS 2014, S. 14 ff.; (2) eMO (2014); (3) Bayern Innovativ 2014; (4) Deutsches Dialog Institut 2014

In insgesamt 21 Schaufenster-Projekte werden Elektroautos in gewerblichen, städtischen oder kommunalen Flotten erprobt. Dabei werden Elektrofahrzeuge in unterschiedlichsten Flotten eingesetzt. Der Einsatz in Firmenflotten von Großunternehmen wird ebenso untersucht, wie Mobilitäts- und Carsharinglösungen, die auch für kleinere Unternehmen ohne eigene Flotte geeignet sind. Spezielle Einsatzgebiete sind u. a. Taxiflotten, Hotels und Wohlfahrtsverbände. Dabei werden verschiedene Kriterien untersucht. Oftmals steht die Wirtschaftlichkeit der Fahrzeuge im Vordergrund, aber auch deren Klimaverträglichkeit und Nutzerfreundlichkeit werden analysiert. Weitergehende Überlegungen streben die Vereinfachung und nahtlose Integration von Elektroautos in intermodale Mobilitätslösungen sowie die intelligente Verknüpfung von Elektromobilität und regenerativer Energieerzeugung an. Projekte, die auf die Beschaffung für und den Einsatz von Elektrofahrzeugen in Flotten der Städte, Kommunen und Länder abzielen, beinhalten neben den oben genannten Kriterien auch die Vorbildfunktion öffentlicher Flotten. Ergänzend beschäftigen sich 14 Schaufenster-Projekte mit der Erprobung elektrischer Nfz in verschiedenen Flotten wie innerstädtischer Transportlogistik, Abfallwirtschaft und Stadtreinigung, im öffentlichen Personennah-

verkehr (ÖPNV) oder an Flughäfen (vgl. e-mobil BW/ WRS 2014, S. 22 ff.; eMO 2014; Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014).

Elektromobilität bringt Fahrzeuge mit neuen Eigenschaften verbunden mit einer neuen Form von Mobilität hervor, die nicht mit den herkömmlichen, produktorientierten Geschäftsmodellen der OEM vermarktet werden können. Der traditionelle Vertriebsweg der OEM über Händler zum Endkunden bleibt zwar zunächst in den meisten Fällen auch für den Vertrieb von Elektrofahrzeugen bestehen, parallel dazu entstehen aber neue Geschäftsmodelle, die dem neuen Produkt und dessen Nutzung eher gerecht werden. Innovative Geschäftsmodelle, die Elektromobilität als systemischen Bestandteil integrierter Mobilitätslösungen ansehen, werden oft von Akteuren wie Autovermietungen, Carsharinganbieter oder Leasinggesellschaften entwickelt. Neben Energieversorger und anderen Dienstleistern treten diese in Konkurrenz mit den OEM um den Kundenzugang. Trotz des zunehmenden Wettbewerbs kommen diese neuen Geschäftsmodelle selten ohne Kooperationen zwischen den Akteuren aus. OEM sind vor allem in den Bereichen Fahrzeugbeschaffung, Reparatur und Service wichtige Partner. Die strategische Herausforderung für alle Akteure besteht darin, sich als Anbieter attraktiver Elektromobilitätsangebote für den Kunden sichtbar zu positionieren (vgl. Radics o. J., S. 15). Dabei sollten als Kunden nicht nur Privatpersonen betrachtet werden, die oftmals im Fokus der Vermarktungsstrategien der OEM stehen. Vielmehr sind Entscheider und Betreiber von Flotten in und für Unternehmen, öffentliche Einrichtungen, von Autovermietungen und Carsharinganbietern eine wichtige, erste Kundengruppe, über die indirekt auch Privatpersonen erreicht werden können.

Die Analyse des Wandels innerhalb der automobilen Wertschöpfungskette durch die zunehmende Bedeutung von Elektromobilität zeigt ein differenziertes Bild eines Entwicklungsprozesses, der keinesfalls als abgeschlossen gelten und somit auch nicht abschließend bewertet werden kann. Derzeit befindet sich die Automobilindustrie im Hinblick auf die Innovationsaktivitäten im Bereich Elektromobilität in einer Phase der Differenzierung und Konsolidierung. Die OEM haben ihre zunächst abwartende Haltung überwiegend aufgegeben und konzentrieren nun einen Teil ihrer Entwicklungsaktivitäten in diesem Bereich. Sie haben die langfristige Bedeutung des Wandels akzeptiert und gestalten zunehmend aktiv die Reorganisation ihrer Geschäftsbereiche. Die vorübergehend entstandenen Lücken in den Wertschöpfungsketten und Innovationssystemen wurden von anderen Unternehmen, zum Teil als Start-ups gegründet oder aus anderen Branchen, genutzt, so dass sich die Wertschöpfungsanteile innerhalb der Branche und Beziehungen innerhalb der Innovations- und Produktionssysteme verschoben haben, auch wenn sich mit zunehmender Aktivität der etablierten Akteure nicht alle neuen Akteure dauerhaft am Markt etablieren können. Vor allem im Bereich der

Fahrzeugherstellung erobern sich die etablierten OEM ihre dominante Stellung in der Wertschöpfungskette auch bei Elektroautos allmählich zurück.

Elektromobilität stellt alle an den Wertschöpfungsprozessen und an den Innovationssystemen beteiligten Akteure vor enorme Herausforderungen. Eine wesentliche Herausforderung besteht in den notwendigen Investitionen in die neue Technologie, die trotz aller technologischen Unsicherheiten getätigt werden müssen. Die etablierten Akteure müssen trotz der enormen, wirtschaftlichen Bedeutung der herkömmlichen Fahrzeugproduktion den strategisch wichtigen aber wirtschaftlich bisher unbedeutenden Bereich der Elektromobilität auszubauen. Neuen Unternehmen haben den Vorteil ihre Strukturen an der neuen Technologie ausrichten zu können, verfügen aber nur selten über die Investitionsmöglichkeiten etablierter Unternehmen. Eine Lösung besteht in Kooperationen, die vermehrt auch zwischen Wettbewerbern und mit Unternehmen anderer Branchen eingegangen werden. Es kommt zu einer Verdichtung der wirtschaftlichen und kooperativen Beziehungen innerhalb der Branche und mit anderen Branchen. Strategische Partnerschaften mit gemeinsamen Entwicklungs- und Produktionsprojekten, die Gründung von Joint Venture und das Eingehen von Entwicklungskooperationen sind entscheidend Faktoren in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit und Risikominimierung bei innovativen Technologien und Produkten. Das trifft vor allem dann zu, wenn Unternehmen nicht in Großkonzerne eingebunden sind, bei denen FuE-Aktivitäten arbeitsteilig unter den Unternehmen des Konzerns aufgeteilt werden können. Da Elektromobilität mit hohen Entwicklungs- und Investitionskosten verbunden und die Dauer der Amortisierung ungewiss ist, bieten kooperative Beziehungen einerseits die Möglichkeit Kosten und Risiken zu verteilen und andererseits Skaleneffekte zu erzielen, die maßgeblich zum wirtschaftlichen Erfolg innovativer Produkte beitragen.

Eine weitere Strategie der etablierten Unternehmen zum Umgang mit der zunehmenden Komplexität ist die Ausgründung neuer Geschäftsbereiche und damit die Ausdifferenzierung der eigenen Organisation, die dann in Kooperation mit anderen Unternehmen oder als eigenständige Organisationseinheit neue Kompetenzen, Kapazitäten und Strukturen aufbauen kann.

Neben Investitionen in neuen Technologien stehen die deutschen OEM vor der Herausforderung mit dem Bedeutungsverlust ihrer meist auf den Verbrennungsmotor zentrierten Kernkompetenzen umzugehen. Dieser führt zu einem Verlust der Differenzierungsmerkmale gegenüber den internationalen und neuen Wettbewerbern. Der Aufbau neuer Differenzierungsmerkmale gestaltet sich schwierig. Eine besonders erfolgsversprechende Strategie verfolgt bisher BMW mit der Gründung der neuen Submarke BMW i. Die neu entwickelten, auf Elektromobilität ausgerichteten Fahrzeugarchitekturen der BMW i-Modelle unterschieden sich deutlich von den Elektrofahrzeugen der nationalen, teilweise auch der internationalen Konkurrenten.

Im technischen Bereich kann eine Fokussierung der FuE-Aktivitäten auf Batteriesysteme beobachtet werden, die sich im Hinblick auf den Rückstand gegenüber der internationalen und branchenübergreifenden Konkurrenz allerdings als problematisch erweisen. Diese Aktivitäten zielen auf eine Anpassung der Funktionalitäten von Elektroautos an Verbrennungsmotorfahrzeuge vor allem im Hinblick auf Reichweite, Leistung und Komfort, welche die strategisch weitergreifende Etablierung von Elektroautos als Teil innovativer Mobilitätslösungen in den Hintergrund rücken lässt. Andere Akteure, wie Energieversorger, Carsharinganbieter und Mobilitätsdienstleister, sind weniger auf das Automobil als alleinstehendes Produkt fixiert und können somit die Nutzung von Elektrofahrzeugen in Kombination mit anderen Produkten und Dienstleistungen, sei es in Verbindung mit Strom und Ladeinfrastruktur oder in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln, in den Mittelpunkt neuer Geschäftsmodelle stellen. Diese so entstehenden, inter- und multimodalen Angebote verändern den bisherigen Automobilmarkt, bei dem Fahrzeuge über Händler und Leasinggesellschaften an Kunden verkauft oder verleast wurden, und machen die Endkundenbeziehungen deutlich vielseitiger.

Zusammenfassend lassen sich festhalten, dass die Entwicklungen im Bereich der Elektromobilität zu einer Öffnung der Innovationssysteme geführt haben, wodurch sich Wertschöpfungsanteile und Beziehungen innerhalb der Systeme verändern. Dennoch bleibt die Dominanz der großen, wirtschaftlich starken Akteure – OEMs wie Zulieferer – überwiegend bestehen, ist aber weniger eindeutig und unumstößlich als zuvor. Die zunehmende Komplexität der Innovationsaktivitäten und die Teilnahme neuer Akteure haben zu einer Ausdifferenzierung der Systeme geführt. Dabei haben sich Innovationssysteme für Elektromobilität gebildet, die zwar nicht unabhängig von den etablierten Systemen agieren, aber einer eigenen Entwicklungsdynamik folgen und in denen die Beziehungen der beteiligten Unternehmen anders strukturiert sind.

4.2 Strukturwandel in der Wissenschaft: Differenzierung der wissenschaftlichen Forschung und Lehre

Innerhalb der Wissenschaft gibt es eine relativ stabile Gruppe von universitären und außer-universitären Instituten, die sich mit der Automobilindustrie, den entsprechenden Produkt- und Produktionstechnologie beschäftigen. Diese Institute sind maßgeblich an der Aus- und Weiterbildung für diesen Teil der Wirtschaft sowie an der Grundlagen- und angewandten Forschung beteiligt. Viele Institute haben feste Beziehungen zur Wirtschaft einerseits durch personelle Verflechtungen andererseits durch Forschungs Kooperationen.

Durch die verstärkte FuE im Bereich Elektromobilität verändert sich sowohl der Fokus der wissenschaftlichen Forschung und Lehre als auch die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Die Wirtschaft erhofft sich durch neue Forschungsk Kooperationen einen Wissens- und Technologietransfer und ist auf die Aus- und Weiterbildung ihres (zukünftigen) Personals im Wissenschaftssystem angewiesen. Dabei sind nicht nur die Disziplinen, die sich traditionell mit dem Fahrzeugbau und den Produktionssystemen der Automobilindustrie beschäftigen, wie das Maschinenbauwesen, die Material- und Werkstoffwissenschaften sowie die Elektrotechnik an Forschung und Lehre zur Elektromobilität beteiligt. Auch in der Wissenschaft führt die Komplexität der Innovation Elektromobilität, deren Wirkung weit über die Antriebs- und Produktionssysteme des Automobils hinausgeht, zur Notwendigkeit andere Disziplinen in Forschung und Lehre sowie in die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft einzubinden. Dadurch ergeben sich vielfältige Kooperationsmöglichkeiten.

Viele, wissenschaftliche Institute beteiligen sich an der Forschung zur Elektromobilität. So lassen sich auch in der wissenschaftlichen Forschung und Lehre Verschiebungen feststellen, denn um die gesamte, elektromobile Wertschöpfungskette abzudecken, bedarf es der Beteiligung vieler Disziplinen. Die Ausdifferenzierung im Wissenschaftssystem, die sich zunächst in neuen Projekten, Kooperationen und Veröffentlichungen zeigt, hat besonders die Universitäten und Forschungseinrichtungen mit einer besonderen Nähe zur Automobilwirtschaft zur Reintegration der neu entstandenen Systeme veranlasst. Um die einzelnen Aktivitäten der Institute nach innen und außen zu koordinieren und interdisziplinäre Forschung zu stärken, wurden Kompetenzzentren gegründet, in denen die Forschung zur Elektromobilität gebündelt wird.

Ergänzt wurden diese neuen Forschungsnetzwerke an verschiedenen Universitäten durch interdisziplinäre Studiennetzwerke und -gänge zur Elektromobilität. Elektromobilität ist für Universtäten und Hochschulen nicht nur als Thema der Forschung sondern auch für die Lehre relevant. Das Portal „studieren.de“ listet unter dem Begriff Elektromobilität 31 Studienangebote an 22 Hochschulen und Universitäten. Die meisten bieten ebenfalls Studiengänge mit Schwerpunkt Fahrzeugtechnik oder Automobilproduktion an. Studiengänge zur Elektromobilität bzw. Studiengänge mit einer Vertiefungsrichtung Elektromobilität haben überwiegend eine ingenieurwissenschaftliche Ausrichtung und sind in den Fachbereichen Elektrotechnik oder Fahrzeugtechnik angesiedelt. Bei einer interdisziplinären Ausrichtung werden meistens Studieninhalte der Informatik, Betriebswirtschaftslehre oder Wirtschaftswissenschaften ergänzend gelehrt (vgl. studieren.de 2015). Kapitel 4.2.1 beleuchtet die Bedeutung verschiedener Disziplinen in der Forschung und Lehre zur Elektromobilität. Je nach dem welcher Bereich der elektromobilen Wertschöpfungskette in Fokus der Forschung steht, sind verschiedener Disziplinen an der Forschung und Lehre beteiligt. Die

Reintegration neuer Systeme in Kompetenzzentren werden in Kapitel 4.2.1. anhand von Fallbeispielen thematisiert.

In Kapitel 4.2.2 werden die neu entstehenden Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft thematisiert. Auffällig ist die Bedeutung regionaler Netzwerke für die Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Die Bedeutung räumlicher Nähe ist besonders an solchen Universitäten hoch, die sich in räumlicher Nähe zur Automobilindustrie befinden. Die vielfältigen, neuen Beziehungen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft führen auch im Wissenschaftssystem zu Strukturveränderungen. Die vormals geschlossenen Systeme etablierter Gemeinschaften öffnen sich durch die zunehmende Relevanz anderer Technologien und systemischer Vernetzung für neue Akteure aus anderen Disziplinen. Dadurch kommt es zu Machtverschiebungen innerhalb der Systeme, da neue Institute auch als Konkurrenten um Forschungsgelder und Kooperationspartner auftreten. Die Ausdifferenzierung wirkt sowohl auf die Strukturen der Innovationssysteme als auch auf die der Wissenschaft, vor allem durch interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Disziplinen, die vormals wenige Berührungspunkte hatten, und nach unterschiedlichen Paradigmen und Methoden vorgehen.

Besonders häufig handelt es sich bei Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft um politisch geförderte Projekte und Allianzen. Die Bedeutung des politischen Systems für das Zustandekommen von Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft einerseits sowie interdisziplinärer und branchenübergreifender Kooperationen andererseits ist hoch, da diese Kooperationen selten ohne entsprechende Förderung gegründet und aufrechterhalten werden. Die Bedeutung des Zusammenwirkens von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik zur Aufrechterhaltung der Dynamik von Innovationssystemen wird in Kapitel 4.3 weiter vertieft.

4.2.1 Bündelung der Aktivitäten in Forschungszentren und Studiengängen

Die wissenschaftliche Forschung rund um das Automobil hat sich koevolutionär mit der Automobilindustrie entwickelt. Dementsprechend liegen die Forschungsschwerpunkte in der Wissenschaft auf Technologien des Antriebssystems mit Verbrennungsmotor, elektronischen, mechatronischen und IKT-Systemen sowie der Material-, Prüf- und Simulations- sowie Produktionstechnik und Prozessorganisation. Seit einigen Jahren nehmen allerdings die Forschungsaktivitäten im Bereich alternativer Antriebe zu und richten sich zunehmend auf die Hybrid- und Elektrofahrzeugtechnik, Batterietechnik und -systeme sowie Elektromotoren. Die beteiligten, wissenschaftlichen Disziplinen agieren dabei zunächst weitgehend unabhängig und zeichnen sich durch spezifische Prämissen, Methoden und Lehrmeinungen sowie Ausbildungs- und Karrierewege aus. Daraus resultiert eine Ausdifferenzierung

der Innovations- und Ausbildungssysteme, wobei einzelne Systeme auf spezifische Technologien und Teilsysteme fokussiert sind und sich die interdisziplinäre Zusammenarbeit, vor allem zwischen technischen und nicht-technischen Disziplinen, oft als schwierig erweist bzw. oftmals gar nicht zustande kommt. Dabei ist die Dezentralisierung und Ausdifferenzierung der Innovationssysteme an sich nicht problematisch, wenn ausreichend Schnittstellen und Beziehungen zwischen Akteure der verschiedenen Systeme bestehen. Dann kann Ausdifferenzierung sogar innovationsfördernd wirken, wenn dadurch technologische „Lock-in-Effekte“ vermieden werden. Wesentlich sind die Vernetzung der Akteure zwischen den Innovationssystemen und der Erhalt der Flexibilität der Strukturen (siehe Kapitel 3.1.3).

Um eine ausreichende Vernetzung und Koordination der Aktivitäten zwischen den Instituten, die sich an der Forschung und Ausbildung im Bereich Elektromobilität beteiligen, zu schaffen und Interdisziplinarität zu fördern haben verschiedene, wissenschaftliche Einrichtungen Kompetenzzentren gegründet, die als Austauschplattform für die einzelnen Institute dienen und an denen die Forschungsaktivitäten koordiniert werden. Die Bündelung von Aktivitäten an wissenschaftlichen Einrichtungen wurde besonders in der Anfangs- und „Hype“-Phase der Elektromobilität verstärkt betrieben. In der Anfangsphase ab den Jahren 2007 und 2008 entstanden an vielen Universitäten und Forschungseinrichtungen Projekte zum Thema Elektromobilität, die in Verbindung mit der aufkommenden Förderung in diesem Bereich schnell an Zahl zunahmen. Die Notwendigkeit zur Bündelung von Aktivitäten entstand einerseits aus der politisch gewünschten Interdisziplinarität der Forschungsvorhaben und andererseits aus dem Mangel an internen Strukturen zur Koordination der Aktivitäten. Die fehlenden Strukturen erschweren es externen Akteuren, wie Unternehmen oder Studieninteressierten, die Aktivitäten der Universitäten einzuordnen und die richtigen Ansprechpartner zu identifizieren. Der Aufbau neuer Subsysteme dient somit der Koordination nach innen und außen. Durch die organisatorischen Verfestigung der Aktivitäten und interdisziplinärer Zusammenarbeit, z. B. durch die Gründung neuer Arbeitsgruppen, Institute und Labore oder durch die Etablierung neuer Studiengänge und Qualifizierungsprogramme, nimmt die Bedeutung der koordinierenden Aufgabe der Kompetenzzentren ab. Diese entstanden an vielen Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Im Folgenden werden beispielhaft die Aktivitäten an der RWTH Aachen, der TU Berlin, der TU Braunschweig und TU München sowie der Fraunhofer-Gesellschaft beschrieben.

An der RWTH Aachen wurde die Geschäftsstelle Elektromobilität (GSE) gegründet, um die Aktivitäten der rund 30 Institute zu koordinieren, die sich mit Forschung im Bereich Elektromobilität beschäftigen. Die Institute, die an den von der GSE koordinierten Projekten beteiligt sind, kommen überwiegend aus den Fakultäten Maschinenwesen sowie Elektrotechnik und Informationstechnik. Die Forschungsaktivitäten richten sich am Upstream- und Produktionsbereich der elektromobilen

Wertschöpfungskette aus und beschäftigen sich mit Batteriesystemen, Leistungselektronik, Antriebsstrang, Gesamtfahrzeug, Produkt- und Produktionsgestaltung (vgl. RWTH Aachen 2015a). Sie folgen somit der traditionellen, technischen Ausrichtung der Universität.

Die Forschungsprojekte sind in vier Themengebieten zusammengefasst. Etwa die Hälfte der Projekte bezieht sich auf den elektrischen Antriebsstrang. Dieser Bereich bildet den Schwerpunkt der Forschung an der RWTH Aachen im Bereich Elektromobilität. Den kleinsten Themenbereich bildet die Elektromobilproduktion. Außerdem gibt es die Themenbereiche Geschäftsmodelle und IKT & IT. An den Projekten sind neben Instituten der Elektro- und Informationstechnik und des Maschinenwesens bzw. Maschinenbau, in fast allen Themengebieten Institute der Wirtschaftswissenschaften beteiligt. Materialwissenschaften und physikalische Chemie sind Projektpartner im Gebiet elektrische Antriebe und Informatik und Sprachwissenschaften im Gebiet IKT & IT. In etwas weniger als der Hälfte der Projekte arbeiten Partner unterschiedlicher Disziplinen zusammen, wobei viele Kooperationen zwischen Instituten der Elektro- und Informationstechnik und des Maschinenwesens bestehen. Im Themengebiet IKT & IT beinhalten alle Projekte interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die Forschungsprojekte am GSE werden überwiegend auf Bundesebene gefördert. Einige Projekte sind auch Teil regionaler Förderprogramme auf Landesebene oder internationaler Programme auf EU-Ebene (vgl. ebda.).

Die Aktivitäten der GSE scheinen überwiegend in der Hype-Phase der Elektromobilität stattgefunden zu haben. Die letzte Eintragung zu aktuellen Ereignissen stammt vom März 2013 und die meisten der gelisteten Projekte sind bereits abgeschlossen (vgl. ebda.). Dennoch gibt es weiterhin Aktivitäten im Bereich Elektromobilität an der RWTH Aachen. Bspw. ist aus einem Projekt der GSE die Elektrofahrzeugplattform StreetScooter entstanden. Aus diesem Projekt heraus wurde 2011 die StreetScooter GmbH gegründet. Die StreetScooter-Fahrzeuge wurden nach dem Purpose Design entwickelt, wobei der Fokus nicht nur auf der Fahrzeugentwicklung sondern vor allem auch von Anfang an auf den notwendigen Produktionsprozessen lag. Der Geschäftsführer von StreetScooter ist der RWTH-Professor Achim Kampker, der seit 2014 auch Leiter des neu gegründeten Lehrstuhls Production Engineering of E-Mobility Components (PEM) an der Fakultät für Maschinenwesen ist (vgl. RWTH Aachen 2014).

Fokus des Lehrstuhls ist die angewandte Forschung zur Weiterentwicklung der Produktionsprozesse von Elektrofahrzeugen und deren Komponenten. Der Lehrstuhl unterhält zahlreiche Kooperationen zur Automobilindustrie sowohl zu Großkonzernen als auch zu KMU und ist enge mit Instituten der Elektro- und Informationstechnik vernetzt. Neben Forschung bietet das PEM auch Weiterbildungsangebote z. B. Zertifikatskurse zur Batterie- und Elektromotorenproduktion und Kongresse zur Elektromobilproduktion an. Als Infrastruktur wird ein Zentrum für Elektromobilproduktion (ZEP) gebaut, das 2015 fertiggestellt werden soll. Das ZEP umfasst eine Anlauffabrik, ein Elektromobilitäts-

labor (eLab) und eine Demonstrationsfabrik, und die Technologieplattform der StreetScooter GmbH, und wird für Prototypenentwicklung und -produktion sowie für die Analyse von Fertigungsprozessen genutzt (vgl. ebda.).

Im Bereich Wirtschaftswissenschaften wurde 2012 der Forschungsbereich „Energy, Mobility and Environment (EME)“ gegründet 2012, der sich u. a. mit Konzepten der Elektromobilität beschäftigt und für den Masterstudiengang Betriebswirtschaftslehre den Vertiefungsbereich „Sustainability and Corporations“ anbietet. Der Lehrstuhl für Controlling beteiligt sich darüber hinaus an dem vom BMVBS geförderten Projekt „eMerge“ zur Geschäftsmodellierung der Elektromobilität. Weitere Partner des Projekts sind Daimler, das Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS), PTV Planung Transport Verkehr AG, RWE Effizienz GmbH, Universität Siegen und TU Berlin (Fachgebiet WIP) (vgl. RWTH Aachen 2015b).

An der TU Berlin werden ebenfalls die Aktivitäten zum Thema Elektromobilität gebündelt. Dazu wurde 2010 ein Forschungsnetzwerk gegründet, das die Zusammenarbeit der beteiligten Institute und Fachgebiete stärken und eine Plattform für gemeinsame Projekte darstellen soll. Bereits 2012 beteiligten sich zwanzig Institute und Fachgebiete aus vier Fakultäten. Der Großteil stammt aus den Fakultäten Verkehrs- und Maschinensysteme sowie Elektrotechnik und Informatik. Außerdem beteiligen sich Institute der Prozesswissenschaften, der Wirtschaftswissenschaften und der Chemie. Bis 2015 sind weitere sechs Institute dazugekommen, so dass nun auch die Fakultäten Geistes- und Bildungswissenschaften sowie Planen, Bauen und Umwelt in dem Forschungsnetzwerk vertreten sind (vgl. TU Berlin 2015, 2012). Das Forschungsnetzwerk unterteilt seine Aktivitäten in die fünf Themengebiete Energieumwandlung und Speicherung, Fahrzeug- und Fertigungskonzepte, Verkehrssysteme und Mobilitätskonzepte, Netzintegration und Ladeinfrastruktur sowie Technologieintegration und Antriebsstrang, an denen jeweils mindesten zwei Fakultäten beteiligt sind. Aktuell listet das Netzwerk dreizehn Projekte des internationalen Schaufensters Elektromobilität Berlin-Brandenburg, wobei allerdings nur an vier Projekten Institute unterschiedlicher Disziplinen beteiligt sind. In diesen Projekten kooperieren Institute der Informatik, Elektrotechnik, Maschinenwesen, Verkehrs-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften in unterschiedlichen Konstellationen. Alle Projekte werden auf Bundesebene gefördert (vgl. TU Berlin 2015).

Die TU Berlin legt neben der Bündelung von Forschungsaktivitäten einen Schwerpunkt auf die Koordination von Aus- und Weiterbildung sowie Lehrangebote, die den neuen Herausforderungen der Elektromobilität angepasst werden. Seit dem Wintersemester 2012/13 bietet die TU Berlin auf dem EUREF-Campus u. a. den interdisziplinäre Masterstudiengang Energieeffiziente urbane Verkehrssysteme an. Am Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre wurde 2014 das Labor Elektromobilität gegründet, u. a. um neue Nutzungskonzepte für bestimmte Zielgruppen sowie neue Zweirad- und Micromobilitykonzepte zu entwickeln (vgl. TU Berlin 2014a, b). Die neuste Entwicklung

ist das Anfang 2015 gegründete Studiennetzwerk Elektromobilität, das Lehrveranstaltungen in allen Bereichen der Elektromobilität in den neuen Kompetenzfeldern Elektrische Antriebssysteme, Energieversorgung und Ladeinfrastruktur, Kommunikation und Datenfluss, Fahrzeugtechnik, Ökologie, Politik und Ressourcenmanagement, Ökonomie und Nutzung, Produktionstechnik, Speichertechnologie sowie Verkehr, Mobilität und Logistik bündelt (vgl. TU Berlin 2015).

An der TU Braunschweig wurde 2007 mit Unterstützung der Niedersächsischen Landesregierung und VW das Niedersächsisches Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) als interdisziplinäres Zentrum gegründet. Ziel ist die Forschungsregion Braunschweig als Spitzenstandort in der fahrzeugtechnischen Forschung mit internationaler Sichtbarkeit zu etablieren. Das NFF besteht aus 19 dauerhaften Mitgliedern an zwei Standorten (Braunschweig und Wolfsburg). Neben elf Professuren der TU Braunschweig ergänzen die Leibniz Universität Hannover, die TU Clausthal und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) die Forschungskompetenzen. Die Forschung des NFF konzentriert sich auf die vier Forschungsfelder „Das Intelligente Fahrzeug“, „Das Emissionsarme Fahrzeug“, „Flexible Fahrzeugkonzepte und Fahrzeugproduktion“ sowie „Mobilitätsmanagement“. In etwa der Hälfte der Forschungsprojekte arbeiten interdisziplinäre Teams, die von Projektleitern der NFF-Geschäftsstelle koordiniert werden. Die beteiligten Institute kommen aus den Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik, Chemie, Informatik und Wirtschaftswissenschaften, wobei Kooperationen zwischen Maschinebau und Elektrotechnik auch hier besonders häufig sind (vgl. TU Braunschweig 2015a).

Ein Forschungsschwerpunkt an der TU Braunschweig im Bereich Elektromobilität ist die Batterieproduktion. Die Battery LabFactory Braunschweig versteht sich als offene Forschungsinfrastruktur zur Erforschung von elektrochemischen Speichern. Der Schwerpunkt liegt auf der Produktions- und Verfahrenstechnik und umfasst Forschung entlang des gesamten Produktlebenszyklus. Von der TU Braunschweig beteiligen sich sieben Institute, darunter Institute der Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Chemie (vgl. ebda.). Die Battery LabFactory Braunschweig befindet sich in unmittelbarer räumlicher Nähe zum VW-Werk Braunschweig, in dem seit 2013 Batteriesysteme gefertigt werden. Ein weitere Schwerpunkt des Werkes ist die Entwicklung von Elektro- und Plug-In-Hybrid-Antrieben (vgl. Volkswagen 2013d).

Die TU Braunschweig ist auch in der Lehre im Bereich Elektromobilität aktiv. An der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Physik ist zum Wintersemester 2014/2015 der Masterstudiengang Elektromobilität gestartet. Dieser bezieht sich auf Grundkenntnisse der Elektrotechnik und des Maschinenbaus. Als Studienschwerpunkte können elektrische Systeme, Fahrzeugtechnik oder Energiespeicher und Infrastruktur gewählt werden. Neben Kenntnissen aus den Bereichen Maschinenbau und Elektrotechnik werden Inhalte aus der Produktionstechnik und den Wirtschaftswissenschaften gelernt (vgl. TU Braunschweig 2015b).

Neben dem Angebot für Masterstudenten gibt es ein kooperatives Promotionsprogramm Elektromobilität, das von der NFF koordiniert wird. Es handelt sich um ein interdisziplinäres Qualifizierungsprogramm an der Schnittstelle von Natur-, Ingenieurs- und Wirtschaftswissenschaften. Dabei werden Promotionsthemen in fünf Forschungsgebieten angeboten: Ladeinfrastruktur und Smart E-Grid, Integration des Smart E-Mobil in das Smart E-Grid, Elektrotraktion im Smart E-Mobil, Energiemanagement im Smart E-Mobil, und Geschäftsmodelle für das Smart E-Mobil im Smart E-Grid (vgl. TU Braunschweig 2015a).

An der TUM wurde das Wissenschaftszentrum Elektromobilität (WZE) gegründet, um die Forschung im Bereich Elektromobilität zwischen den Fakultäten zu koordinieren. Das WZE ist eines von vier Netzwerken der fakultätsübergreifenden Forschungsinitiative TUM-Energie der Munich School of Engineering. Das WZE wird von drei Professoren geleitet, die aus den Fakultäten Chemie, Elektro- und Informationstechnik sowie Maschinenwesen kommen. Insgesamt sind 40 Lehrstühle und Fachgebiete an den Aktivitäten des WZE beteiligt, die überwiegend den Disziplinen Elektro- und Informationstechnik sowie dem Maschinenwesen angehören. Weitere Beteiligte kommen aus den Disziplinen Informatik, Bauingenieurs- und Vermessungswesen, Chemie, Physik, Wirtschaftswissenschaften und Architektur. Zu den externen Industriepartnern zählen Audi, BMW, Bosch, Daimler, E.ON, Infineon, MAN und Siemens (vgl. TUM 2015a).

Am WZE gibt es sechs Forschungsschwerpunkte: Batterieforschung, Energiebereitstellung und -anbindung, Gesamtfahrzeug, Komponenten, Mobilitätskonzepte, und Produktionstechnik (vgl. ebda.). Ein bekanntes Projekt des WZE ist das Projekt MUTE. Der Mute ist ein Elektroauto, das von einem Konsortium aus Universitäts- und Wirtschaftspartnern gebaut und auf der IAA 2011 präsentiert wurde. An der Entwicklung und dem Bau des Mute waren 20 Lehrstühle aus den Disziplinen Maschinenwesen, Elektrotechnik, Informatik, Chemie, Architektur und Wirtschaftswissenschaften sowie verschiedene Partner und Sponsoren der Industrie beteiligt (vgl. TUM 2014). Im laufenden Folgeprojekt Visio.M wird der Mute als Forschungsbasis verwendet (vgl. TUM 2015a).

Ein weiteres Projekt des WZE ist das „TUM CREATE Centre for ElectroMobility“ an der TUM Asia in Singapur. In diesem Projekt kooperieren Wissenschaftler der TUM und der Nanyang Technological University (NTU) Singapore. Schwerpunkt ist die Entwicklung von Elektromobilitätskonzepten für tropische Metropolregionen und Megacities. Die Forschungsaktivitäten sind ebenfalls interdisziplinär ausgerichtet. Die beteiligten Wissenschaftler kommen aus den Disziplinen Chemie, Elektrotechnik und Maschinenwesen (vgl. TUM Asia 2015).

Weitere Aktivitäten verschiedener Institute der TUM im Bereich Elektromobilität, bspw. im Rahmen des Schaufensters Elektromobilität Bayern – Sachsen, werden nicht explizit vom WZE koordiniert, aber die beteiligten Lehrstühle sind zumeist Partner des WZE. Der Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik und beteiligt sich etwa gemeinsam mit dem TUM Zentrum für nachhaltiges

Bauen am Schaufensterprojekt „e-MOBILie“, bei dem die Verknüpfung elektrischer Mobilität und lokal erzeugter, regenerativer Energie im Fokus steht. Dabei werden Energiemanagementsysteme untersucht und ausgearbeitet. Wirtschaftspartner sind BMW und SMA Solar Technology. Das Fachgebiet für Siedlungsstrukturen und Verkehrsplanung und der Lehrstuhl für Verkehrstechnik sind an der akademischen Bildungsinitiative zur Elektromobilität Bayern – Sachsen beteiligt, dessen Ziel die Entwicklung von Lehrmodulen zur Elektromobilität für Studiengänge und weitere Bildungsangebote ist (vgl. TUM 2015b, c).

Einer der wichtigsten Verbünde außeruniversitärer Forschungseinrichtungen, der sich mit dem Thema Elektromobilität beschäftigt, ist die „Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“ (FSEM). FSEM wurde als Verbund verschiedener Institute der Fraunhofer-Gesellschaft durch die Bundesregierung im Rahmen des Konjunkturpakets II 2009 gegründet und mit 34,5 Mio. Euro vom BMBF gefördert. In der ersten Phase FSEM I beteiligten sich insgesamt 33 Institute an den Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in fünf Themenschwerpunkten: „Fahrzeugkonzepte“, „Energieerzeugung, -verteilung und -umsetzung“, „Energiespeichertechnik“, „Technische Systemintegration und gesellschaftspolitische Fragestellungen“ und „Funktion, Zuverlässigkeit, Prüfung und Realisierung“. In der ersten Phase beteiligten sich Institute aus den Disziplinen Werkstoffwissenschaften, Elektronik und Elektrotechnik, Maschinenbau, Wirtschaftswissenschaften, Physik, Chemie, IKT, Informatik, Verkehrswissenschaften sowie Mathematik. Die dokumentierten Forschungsprojekte beinhaltet alle eine interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Institute (vgl. Fraunhofer 2015a).

2012 wurde das Projekt in einer zweiten Phase, FSEM II, bis 2015 von der Fraunhofer-Gesellschaft weitergeführt, wobei der inhaltliche Fokus auf der Ausgestaltung des Systemforschungsgedankens und der Kooperation der Fraunhofer-Institute untereinander gelegt wurde. Es fand eine Konzentration der Projekte auf drei Themencluster „Antriebsstrang/ Fahrwerk“, „Batterie/ Range Extender“ und „Bauweisen/ Infrastruktur“ statt, die von 16 Fraunhofer-Instituten bearbeitet werden. Diese stammen aus den Disziplinen Elektrotechnik und Elektronik, Werkstoffwissenschaften, Maschinenbau, Chemie, Physik und Informatik. Nicht mehr vertreten sind damit die Disziplinen Wirtschaftswissenschaften, IKT, Verkehrswissenschaften und Mathematik (vgl. ebda.). Das FSEM ist somit in seiner zweiten Phase weniger interdisziplinär aufgestellt. Die Einschränkung der disziplinären Vielfalt geht mit der thematischen Fokussierung einher, die sich überwiegend an technischen Systemen orientiert.

Die Ausrichtung der Forschung des FSEM ist stark anwendungsorientiert. Die in den Projekten entwickelten innovativen Technologien und Komponenten für Hybrid- und Elektrofahrzeuge sollen anschließend gemeinsam mit Industriepartnern in die Anwendung überführt werden. Durch die direkte Einbeziehung industriell relevanter Fragestellungen in die Entwicklung wird versucht die Industrialisierung der entwickelten Technologien voranzutreiben (vgl. ebda.).

Eine wesentliche Aufgabe der Kompetenzzentren zum Thema Elektromobilität ist die Koordination und Vernetzung der Akteure innerhalb einer Organisation, da die Strukturen für einen Austausch zwischen den beteiligten Instituten und Forschungsbereich zunächst aufgebaut werden müssen. An den Forschungsaktivitäten sind zum Großteil Institute der innerhalb der Innovationssysteme der Automobilindustrie etablierten Disziplinen, also dem Maschinenbau - vor allem Fahrzeugtechnik, Produktionstechnik und Wertstoffwissenschaften - sowie der Elektro- und Informationstechnik. Die Kompetenzen dieser Bereiche werden durch neu hinzukommende Kompetenzen ergänzt, wobei je nach inhaltlicher Ausrichtung der Forschung oftmals die Disziplinen Chemie, Wirtschaftswissenschaften, Physik, Informatik und Bauingenieurwesen sowie vereinzelt auch Architektur, Sozial- und Bildungswissenschaften und Mathematik in Forschungsprojekte eingebunden werden. Am weitaus verbreitetsten bleiben aber Forschung und Kooperationen in und zwischen Maschinenbau und Elektrotechnik und damit zwischen den in den Innovationssystemen bereits etablierten Partnern.

Die Forschung und Forschungsschwerpunkte der wissenschaftlichen Organisationen richten sich entlang der Wertschöpfungskette für Elektroautos aus und können in sechs Bereiche geclustert werden: Wesentliche, neue Komponenten von Elektrofahrzeuge sind die Batterie, die Leistungselektronik und das Batteriemanagementsysteme. Ein großer Teil der Forschung der wissenschaftlichen Einrichtungen richtete sich auf diesen Bereich: die Entwicklung, Weiterentwicklung und Produktion von Batterien und -systemen für elektromobile Anwendungen. Hierbei sind neben dem Maschinenbau und der Elektrotechnik oftmals Institute der Chemie und Physik beteiligt. Einen zweiten Schwerpunkt bildet die Forschung zum elektrischen Antriebsstrang sowie dem Gesamt-Elektrofahrzeug. Der Bereich Antriebssysteme und Fahrzeugentwicklung ist ein traditionell starker Forschungsbereich an deutschen Wissenschaftseinrichtungen, deren Kompetenzen nun auf Elektrofahrzeuge und -antriebe übertragen und erweitert werden.

Weitere Forschungscluster bilden die Produktion und Fertigungskonzepte, Geschäftsmodelle, Verkehrs- und Mobilitätskonzepte sowie Infrastruktur. An vielen Wissenschaftsorganisationen gibt es Projekte in diesen Bereichen, wobei hier oftmals neue Akteure mit komplementären Kompetenzen zu denen der etablierten Disziplinen hinzukommen. So beschäftigen sich Institute der Wirtschaftswissenschaften mit Geschäftsmodellen und Mobilitätsmanagement, der Informatik und vereinzelt auch Linguistik mit IKT, die der Vernetzung und Unterstützung der Elektromobilität dienen. Bauingenieur- und Verkehrswesen sowie Architektur beschäftigen sich mit dem Umbau von Verkehrssystemen und Infrastrukturen sowie mit neuen Mobilitätskonzepten. Geistes- und Sozialwissenschaften begleiten die technisch geprägte Forschung oftmals mit Akzeptanz-, Markt- und Gesellschaftsstudien, während sich die Bildungswissenschaften auf die Aus- und Qualifizierungssysteme für Elektromobilität konzentrieren.

Eine hohe Bedeutung für die Erforschung von Elektromobilität für die wissenschaftlichen Akteure, aber auch für deren Partner aus der Industrie haben Demonstrationsprojekte und Reallabore. Diese stellen wichtige Technologieträger und Erprobungsräume für die Produkt- und Produktionstechnik dar, die so jenseits der etablierten Strukturen der Innovationssysteme entstehen. Beispiele sind die Demonstrations-Elektrofahrzeuge StreetScooter der RWTH Aachen und Mute der TU München, die als Technologieträger für die Fahrzeugentwicklung und -produktion dienen, sowie das ZEP der RWTH Aachen, das Labor Elektromobilität der TU Berlin und die Battery LabFactory der TU Braunschweig, die als Erprobungsräume für neue Technologien und deren Anwendung dienen.

Neben der Bündelung der Forschung tragen die Kompetenzzentren der Universitäten zur Bündelung und Erweiterung der Lehr- und Qualifizierungsangebote im Bereich Elektromobilität bei. Die Bündelung führt zum Aufbau neuer Strukturen, die sich in neuen Vertiefungsrichtungen von Studiengängen, wie bspw. „Sustainability and Corproation“ im Master Betriebswirtschaftslehre der RWTH Aachen, bis hin zu neuen, interdisziplinären Studiengängen, wie bspw. dem Masterstudiengang „Energieeffiziente urbane Verkehrssysteme“ der TU Berlin oder dem Masterstudiengang und Promotionsprogramm „Elektromobilität“ der TU Braunschweig, beobachten lassen.

Neben der Koordination der internen Akteure ist eine weitere Funktion der Kompetenzzentren Ansprechpartner für externe Partner, vor allem aus Wirtschaft und Politik, zu sein, da die wissenschaftsinternen Strukturen und Kompetenzprofile neuer Disziplinen für externe Partner oft schwer zu überblicken sind. Neue Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, die durch das Thema Elektromobilität entstehen, werden im folgenden Kapitel 4.2.2 thematisiert.

4.2.2 Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft

Mit der Ausdifferenzierung der Innovationssysteme durch Elektromobilität entstehen neue Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Diese bilden sich am Rande bestehender Systeme, dadurch dass neue Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft hinzukommen und Forschungsnetzwerke und -projekte mit anderen Akteurskonstellationen entstehen. Die etablierten Akteure bleiben weiterhin Teile der Systeme, aber durch die zunehmende Zahl der Akteure, werden die Kooperationsmöglichkeiten vielfältiger und die Systeme differenzieren sich weiter aus.

Der Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft wird an wissenschaftlichen Einrichtungen eine hohe Bedeutung zugemessen besonders dann, wenn anwendungsorientierte Forschung im Mittelpunkt steht. Dies gilt auch für die in Kapitel 4.2.1 genannten Beispiele von Wissenschaftseinrichtungen, die Kompetenzzentren für Elektromobilität gegründet haben. Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft kommen dabei häufiger vor als Kooperationen zwischen

unterschiedlichen Disziplinen. Gründe dafür sind die oftmals erprobten Beziehungen zu Wirtschaftsunternehmen in der angewandten Forschung, die besondere Berücksichtigung von Kooperationen, an denen sowohl Partner aus Wirtschaft als auch Wissenschaft beteiligt sind in der Forschungsförderung, sowie die engen personellen Verflechtungen zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen und Wirtschaftsunternehmen, die einen Wechsel des Personals leichter ermöglichen als zwischen Disziplinen oder Branchen.

So betont bspw. das WZE der TUM die Zusammenarbeit mit Partnern aus der Industrie. Es gibt einen Industrieberater, der aus Vertretern der Unternehmen Audi, BMW, Bosch, Daimler, E.ON, Infineon, MAN und Siemens besteht. Im Projekt MUTE arbeiteten die Wissenschaftler der TU München mit der C-CON GmbH, der IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr und der Gerg RPT GmbH zusammen. Das Fahrzeug wurde von einem weiteren Partner, der R&R Kfz Rep. GmbH, aufgebaut. Neben einer Finanzierung durch die Bayerische Forschungsförderung wurde das Projekt MUTE von 23 Sponsoren aus der Wirtschaft unterstützt, darunter BMW, Daimler, Mennekes, Michelin, Osram, Sanyo, SGL Carbon, Thyssen Krupp und Webasto (TUM 2015a, 2014).

Beim Forschungsnetzwerk Elektromobilität der TU Berlin sind elf der dreizehn beschriebenen Projekte im Schaufenster Berlin-Brandenburg Kooperationen mit Partnern aus der Wirtschaft. Damit ist die Zahl der Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft deutlich höher als die interdisziplinären Kooperationen, von denen nur vier beim Forschungsnetzwerk Elektromobilität der TU Berlin gelistet sind (vgl. TU Berlin 2015). Ähnliches gilt für die GSE der RWTH Aachen und das NFF der TU Braunschweig, an denen Kooperationsprojekte zwischen Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft ebenfalls häufiger genannt werden als interdisziplinäre Projekte (vgl. RWTH Aachen 2015a; TU Braunschweig 2015a). Die Bedeutung von Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft ist für die Universitäten somit sehr hoch. Die Forschungszentren sind in erster Linie Plattformen zur Koordination der Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft in der Forschung rund um Elektromobilität.

Für Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft ist die Bedeutung regionaler Innovationssysteme höher als für Kooperationen innerhalb der Wirtschaft. Räumliche Nähe dient oftmals als Ausgangspunkt von Kooperationsnetzwerken (siehe Kapitel 3.1.3). Das zeigt sich teilweise auch in den Kooperationsnetzwerken der Universitäten zur Elektromobilität. Von den in Kapitel 4.2.1 dargestellten Forschungszentren haben einige ein deutlich regional geprägtes Kooperationsnetzwerk aufgebaut. Dabei greifen die Universitäten auf die in der Region angesiedelten Unternehmen sowie deren regionale Niederlassungen zurück. Oftmals ist auch die Förderung auf Landesebene, die eine Zugehörigkeit der Partner zu dem jeweiligen Bundesland voraussetzt, entscheidend für die Ausbildung regionaler Innovationssysteme.

Das WZE TUM bildet gemeinsam mit seinen Kooperationspartnern aus der Wirtschaft ein deutlich regional geprägtes Innovationssystem, das stark auf München und den süddeutschen Raum zentriert ist. 13 der insgesamt 30 Partner stammt aus München, weitere sieben aus Bayern und drei aus Baden-Württemberg. Die hohe Bedeutung räumlicher Nähe gilt vor allem für die frühen Forschungsprojekte, die relativ zeitgleich mit der Gründung des WZE gestartet wurden. An dem späteren Projekt Visio.M, Folgeprojekt des Projekts MUTE, sind zusätzlich Partner aus Mittel- und Norddeutschland, das BAST aus Bergisch Gladbach und Continental aus Hannover, sowie aus den USA, Intermap Technologies, beteiligt. Das internationale Projekt TUM Create umfasst neben der NTU und der National Research Foundation weitere Partner aus Singapur (siehe Anhang C, Abb. C.2; vgl. TUM 2015a, 2014).

Auch an anderen Universitäten, die sich der Forschung zum Thema Elektromobilität widmen, bilden sich regionale Innovationssysteme. Ein sehr stark regional geprägtes Innovationssystem hat sich um das KIT gebildet. Das KIT berichtet auf seiner Homepage von verschiedenen Projekten zum Thema Elektromobilität. Von den dort aufgeführten Partnern aus der Wirtschaft stammt fast 90 Prozent aus Baden-Württemberg und immerhin 20 Prozent aus Karlsruhe (vgl. Elektromobilität Süd-West 2015; KIT 2014, 2013 a/b; siehe Anhang C.6).

Obwohl die RWTH Aachen mit Ausnahmen des Ford Forschungszentrums keine räumliche Nähe zu einem großen OEM aufweist, bildet die GSE gemeinsam mit ihren Partnern aus der Wirtschaft dennoch ein deutlich regional geprägtes Innovationssystem. Zwar sind die Partner über ganz Deutschland und auch international verteilt, aber die Bedeutung räumlicher Nähe im Netzwerk der Kooperationspartner ist trotzdem deutlich zu erkennen. 49 der insgesamt 102 in Forschungsprojekten der GSE gelisteten Partner stammen aus NRW, davon 13 direkt aus Aachen. Neun weitere Partner stammen aus Mittel- und Westdeutschland (RLP und Hessen). Weitere Schwerpunkte liegen in Baden-Württemberg mit 16 Partnern und Norddeutschland mit 15 Partnern (Niedersachsen und Schleswig-Holstein). Aus Bayern stammen acht Partner aus Ostdeutschland dagegen nur drei und weitere zwei aus Berlin (siehe Anhang C.3).

Auch der Schwerpunkt der regionalen Verteilung der Wirtschaftspartner im Forschungsnetzwerk Elektromobilität der TU Berlin liegt mit 14 von 31 Partnern auf Berlin. Ansonsten sind die Partner allerdings über ganz Deutschland verteilt. Das Forschungsnetzwerk Elektromobilität bildet mit seinen Wirtschaftspartnern somit kein besonders stark ausgeprägtes regionales Innovationssystem. Allerdings kann dieser Eindruck verzerrt sein, da viele der Wirtschaftsunternehmen auch Niederlassungen in Berlin haben, die an den Projekten beteiligt sein können (siehe Anhang C.4).

Das Netzwerk des NFF der TU Braunschweig ist von den hier betrachteten universitären Kooperationsnetzwerken das am wenigsten regional ausgeprägt und das trotz der Nähe zu VW als einem der größten, deutschen OEM. Nur neun von insgesamt 42 deutschen Partnern sind aus

Braunschweig, sechs weitere aus Niedersachsen. Die übrigen Partner sind über ganz Deutschland verteilt mit einem Schwerpunkt in Baden-Württemberg. Außerdem werden deutlich mehr internationale Partner gelistet als bei anderen Forschungszentren, darunter mehrere Unternehmen aus Frankreich, Großbritannien, Italien, Niederlanden und Schweden (siehe Anhang C.5).

Ebenfalls wenig bedeutend ist räumliche Nähe für die überregionalen Forschungsverbünde wie die Fraunhofer-Gesellschaft. Im Rahmen der Aktivitäten der FSEM nimmt das Forum ElektroMobilität e.V. eine wichtige Rolle bei der Vernetzung von Wissenschaft, Industrie und Politik ein. Es dient als Vernetzungsplattform für seine Mitglieder, unter denen neben 16 Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft auch 20 Unternehmen aus der Wirtschaft sind, darunter VW, TÜV, Dürr und German E-Cars, sechs Vereinen bzw. Verbänden, darunter das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN), der VDA und der Verband der Internationalen Kraftfahrzeughersteller e.V. (VDIK). Weitere Mitglieder sind das NFF der TU Braunschweig und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) bestehen. Die Institute und Mitglieder sind über ganz Deutschland verteilt. Ein besonderer, räumlicher Bezug zwischen wissenschaftlichen Instituten und Partnern der Wirtschaft lässt sich dabei nicht beobachten (siehe Anhang C.1; vgl. Fraunhofer 2015 a/b).

Es gibt eine Vielzahl von Beispielen für Forschungsk Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. In Anhang D findet sich eine Auflistung von Projektbeispielen entlang der elektromobilen Wertschöpfungskette. Ein Großteil der dort aufgelisteten Projekte zielt auf Forschung und Entwicklung von Technologien, Komponenten und speziellen Dienstleistungen, die im upstream-Bereich, d. h. im Bereich der Zulieferung bzw. Entwicklung und Produktion von Teilen, Komponenten und Systemen, die für die Herstellung von Elektroautos benötigt werden. Sie haben bspw. die Erforschung von elektrischen Energiespeichern und Hochleistungselektronik, die Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen, -Batterien oder Elektromotoren, oder spezielle, für Elektroautos entwickelte Fahrerassistenzsysteme oder Softwarearchitekturen zum Ziel. Beteiligt an den Projekten sind neben universitären und außeruniversitären, wissenschaftlichen Einrichtungen viele verschiedene Unternehmen von Großkonzernen wie OEM, Automobilzulieferern, aus der Energiewirtschaft, aus der chemischen Industrie und Batteriehersteller, aber auch KMU aus den verschiedensten Industrien und Branchen. Es finden sich also neben den etablierten Akteuren in diesem Bereich der kooperativen Forschung auch Akteure, die neu in den Innovationssystemen der Automobilindustrie auftreten.

Nur wenige Forschungsprojekte beschäftigen sich mit der Herstellung und Produktion von Elektrofahrzeugen. Dieser Wertschöpfungsschritt bezieht sich auf die Kernkompetenz der OEM, die relativ selten Forschungsk Kooperationen für die Entwicklung und Produktion ganzer Fahrzeugkonzepte eingehen. Ähnlich selten beschäftigen sich Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen in Forschungsprojekten mit der Gesamtfahrzeugentwicklung und -produktion, sondern konzentrieren sich auf die Forschung für Teile, Komponenten, Systeme und Dienstleistungen, die vor- und

nachgelagert in der Wertschöpfungskette einzuordnen sind. Grund dafür ist die geringe Bereitschaft der OEM zur Kooperation in diesem Wertschöpfungsschritt. Einige Beispiele für Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft gibt es trotzdem, wie bspw. das Projekt ePerformance von Audi u. a. in Kooperation mit Bosch, der RWTH Aachen und dem Fraunhofer IESE (siehe Anhang D). Zwei Projekte haben an dieser Stelle einen herausgehobenen Charakter, da es sich um die Entwicklung von Elektroautos unter der Leitung von Universitäten und nicht unter der Leitung von OEM handelt. Dieses sind die bereits genannten Projekte MUTE der TUM und StreetScooter der RWTH Aachen. Am Projekt MUTE sind zwar OEM im Industriekonsortium und unter den Sponsoren des Projekts, was deren Interesse an den Aktivitäten der Universität bezeugt, aber diese sind nicht aktiv am Projekt beteiligt (vgl. StreetScooter 2014; TUM 2014).

Neue Geschäfts- und Vertriebsmodelle für Elektromobilität werden zumeist im Rahmen von Flottenversuchen erforscht. Dies gilt auch für Mobilitätskonzepte, Kunden- und Zielgruppen, weshalb die exakte Zuordnung einzelner Projekte zu den beiden Wertschöpfungsschritten schwierig ist. In Anhang D wurden die Projekte jeweils dem Wertschöpfungsschritt zugeordnet, auf den sich das Hauptziel des Projekts bezieht. Neue Geschäfts- und Vertriebsmodelle werden oftmals unter Beteiligung von OEM sowie für bestimmte regionale Anwendungsfälle, in Großstädten z. B. im ÖV und im Carsharing, in ländlichen Regionen z. B. im Tourismus, für Firmenflotten oder im Pendlerverkehr.

Die Erprobung und Erforschung von Mobilitätskonzepten sowie Kunden- und Zielgruppen für Elektromobilität weist ebenfalls oftmals einen räumlichen Bezug auf, d. h. es geht z. B. um elektromobile Mobilitätskonzepte für städtische oder ländliche Regionen. Ein anderer Fall ist die Erprobung bestimmter Fahrzeugmodelle oder -typen bei verschiedenen Kundengruppen. Im Gegensatz zum Wertschöpfungsschritt der Geschäfts- und Vertriebsmodelle geht es hier weniger um die Vermarktung der Fahrzeuge sondern um die Akzeptanz und die Nutzung dieser durch bestimmte Kunden- und Zielgruppen. Die resultierenden Ergebnisse aus Forschungsprojekten in diesem Bereich haben keinen primär wirtschaftlichen Bezug sondern beziehen sich auf die gesellschaftliche Akzeptanz und soziale Praktiken.

Auch dem fünften Schritt der elektromobilen Wertschöpfungskette lassen sich eine Reihe von Beispielen von Forschungsk Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft zuordnen. Diese beziehen sich auf spezielle Dienstleistungen und nachgelagerte Produkte, die zum Betrieb von Elektroautos notwendig sind. Vor allem der Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur sowie deren Integration in die Stadtentwicklung ist in diesem Bereich ein häufiges Ziel der Projekte. Batterien von Elektrofahrzeugen werden als Teil eines intelligenten, oftmals dezentral organisierten Energieverteilungsnetzes erprobt, für die auch IT-Technologien entwickelt werden. Außerdem sind bei

Fahrzeuggatterien Recycling und Rückgewinnung von Wertstoffen interessant, da es sich um seltene Stoffe handelt (siehe Anhang D).

Die Vielzahl und Vielfalt der Forschungsk Kooperationen zur Elektromobilität zwischen Wissenschaft und Wirtschaft führen zu einer deutlichen Ausdifferenzierung und Öffnung der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie. Wissenschaftliche Einrichtungen, die bisher wenig mit der Automobilindustrie verbunden waren, beteiligen sich ebenso an der Forschung zur Elektromobilität, wie Unternehmen, die zuvor nicht in den Innovationssystemen aktiv waren. Die neuen Akteure und Akteurskonstellationen werden zum Teil in die bestehenden Systeme integriert, bilden aber zum Teil auch neue Systeme, deren Forschungs- und Innovationsaktivitäten zumindest zeitweise parallel zu denen der etablierten Systeme verlaufen. Da neugebildete Systeme sich oft dynamischer entwickeln als etablierte Systeme, werden Innovationsprozesse durch die Bildung neuer Systeme beschleunigt und die etablierten Systeme zunehmend unter Innovationsdruck gestellt.

Wie in Kapitel 4.2.1 gezeigt wurde, ist eine Strategie zur Reintegration der Systeme und damit zur Koordination der Forschungsaktivitäten nach innen wie nach außen die Gründung von Kompetenzzentren. Diese haben in den meisten Fällen nur zeitweiligen Bestand oder werden in formale Subsysteme, wie Lehrstühle, Institute und andere Organisationseinheiten überführt.

Kapitel 4.2.2 befasst sich mit der hohen Bedeutung von Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Kooperationen zwischen den Systemen sind häufiger als interdisziplinäre Kooperation innerhalb der Systeme. Grund dafür sind die stabilen Bindungen zwischen vielen Instituten und Lehrstühlen und Unternehmen aus der Wirtschaft. Diese beruhen sowohl auf Erfahrungen vorangegangener, gemeinsamer Forschungsprojekte und Forschungsaufträge als auch auf personellen Verflechtungen durch die Ausbildung des Personals der Unternehmen an den wissenschaftlichen Einrichtungen. Ein Wechsel des Personals zwischen Disziplinen ist dagegen selten. Gleichzeitig wirken die unterschiedlichen Methoden und Paradigmen der Disziplinen hemmend auf interdisziplinäre Kooperation.

Eine ähnliche Begründung lässt sich auch für die teilweise hohe Bedeutung räumlicher und regionaler Nähe für die Bildung von Kooperationsnetzwerken und Innovationssystemen anführen. Auch hier sind personelle Verflechtungen und die regionale Bindung von Personal von Bedeutung. Außerdem kann die Förderung durch eine Landesregierung, die regionale Ansässigkeit der kooperierenden Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen befördern oder sogar voraussetzen.

Entlang der elektromobilen Wertschöpfungskette bilden sich die Innovationssysteme vor allem im upstream-Bereich entlang der für die Automobilproduktion neuen Komponenten wie Batterien, Elektromotoren und Leistungselektronik sowie deren Integration in die Fahrzeugarchitekturen. Auch im downstream-Bereich finden sich viele Forschungsk Kooperationen. Hier bilden sich die Innovationssysteme um die Wertschöpfungsschritte Geschäfts- und Vertriebsmodelle mit Fokus auf

die Vermarktung und ökonomische Verwertung von Elektroautos, Mobilitätskonzepte, Kunden- und Zielgruppen mit Fokus auf die Nutzung und gesellschaftliche Akzeptanz der Elektromobilität sowie den Wandel sozialer Praktiken, und spezielle Dienstleistungen und nachgelagerte Produkte wie Ladeinfrastruktur und der Integration von Elektrofahrzeugen in die Verkehrs- und Energiesysteme.

Vor allem in der technologiegetriebenen Forschung der upstream-Bereiche der elektromobilen Wertschöpfungskette reproduzieren sich die typischen Strukturen der Innovationssysteme der Automobilindustrie, die sich stark auf einzelne Technologien fokussieren und weniger die gesamte Wertschöpfungskette betrachten. Daraus resultiert auch die relativ gering ausgeprägte Interdisziplinarität der Forschung, vor allem die Trennung technischer und nicht-technischer Disziplinen. Die Komplexität der Elektromobilität erfordert einerseits eine Fokussierung einzelner Forschungsvorhaben auf spezifische Teilbereich, andererseits besteht dabei Gefahr, dass sich die Forschung nicht am systemischen Charakter der Elektromobilität orientiert, Innovationen so nur eine begrenzte Reichweite haben und spätere bzw. frühere Wertschöpfungsschritte nicht berücksichtigen. Interdisziplinäre Forschung, die der Berücksichtigung verschiedener Perspektiven dient, wird durch die Konzentration auf einzelne Technologien eher gehemmt als gefördert.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Ausdifferenzierung der Innovationssysteme zwar eine positive Wirkung auf die FuE in der Automobilindustrie bzw. Fahrzeugtechnik in dem Sinne hat, dass durch die Öffnung der Systeme, die Vielzahl und Heterogenität der Akteure Lock-in-Effekte, welche die Innovativität und Vielfalt der Innovationen einschränken, vermieden werden. Die Pfadabhängigkeit der FuE wird somit an vielen Stellen durchbrochen. Andererseits führt die zunehmende Komplexität der Systeme zu deren Ausdifferenzierung, was zum einen eine inhaltliche Fokussierung auf Teilbereiche und einzelne Technologie der Elektromobilität zu Folge hat, wodurch interdisziplinäre Forschung, die dem systemischen Charakter der Innovation gerecht wird, eher gehemmt wird. Zum anderen binden die differenzierten Systeme viele Ressourcen. FuE erscheinen dadurch weniger effizient und zielgerichtet. Die vielen Möglichkeiten, die sich den einzelnen beteiligten Organisationen und Akteure bieten, erfordern entweder eine Auswahl und Begrenzung der eigenen Aktivitäten auf einen Bereich, eine Technologie und bestimmte Partner oder einen hohen Ressourceneinsatz, um eine breite Streuung der Aktivitäten zu realisieren. Besonders für große Organisationen, die über ausreichende Ressourcen für vielfältige Aktivitäten verfügen, stellt sich selbst dann, wenn sie eine breite Streuung ihrer Innovationsaktivitäten realisieren können, die Frage nach der Reintegration und Koordination der Einzelvorhaben. Kompetenzzentren, organisierte Forschungsnetzwerke und neue Organisationseinheiten bilden sich als neue Subsysteme, welche die bestehenden Aktivitäten auf einer Metaebene zusammenführen und an den jeweiligen Zielen der Organisationen ausrichten sollen.

4.3 Strukturwandel in den Innovationssystemen: Wandel der Beziehung zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Der in den vorangegangenen Kapitel beschriebene Strukturwandel im Wirtschafts- und Wissenschaftssystem sowie in den Kooperationsstrukturen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft verändern die Innovationssysteme der Automobilindustrie. Nach dem Triple-Helix-Modell sind Innovationssysteme, die sich in der Interaktion von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik bilden besonders dynamisch, da Lock-in-Effekte vermieden und jeder Stang eine besondere Rolle innerhalb der Systeme einnimmt. Wie bereits gezeigt wurde, liegt vielen Kooperationen, die sich mit Innovationen der Elektromobilität befassen, eine staatliche Förderung und damit eine Beteiligung des politischen Systems zugrunde. Die Politik bemüht sich die Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft sowie zwischen Branchen und Disziplinen zu stützen. Dieser Strategie liegt die Annahme zugrunde, dass sich die Komplexität der Innovation Elektromobilität auch in der Vielzahl und Heterogenität der Akteure und deren komplementären Kompetenzen widerspiegeln sollte, und nicht von den etablierten Akteure der Automobilindustrie und -forschung alleine bewältigt werden kann.

Kooperationen zwischen Organisationen der verschiedenen Gesellschaftssysteme Wirtschaft, Wissenschaft und Politik erscheint besonders wichtig für die Innovationsdynamik. Auch die nationale und regionale Dimension wird in der deutschen Förderpolitik berücksichtigt. Die Programme der „Modellregionen für Elektromobilität“ und der „Schaufenster Elektromobilität“ zeigen die Bedeutung regionaler Erprobungsräume, welche die Beteiligung regionaler Akteure voraussetzen. Die Förderung in „Modellregionen“ und „Schaufenstern“, in denen einzelne Akteure in verschiedenen Projekten kooperieren und in einem übergeordneten Netzwerk verbunden sind, versucht der Notwendigkeit einer übergeordneten Koordination genauso gerecht zu werden wie der innovationsfördernden Wirkung dezentraler Einzelprojekte. Dabei schwankt die Strategie der politischen Akteure im Spannungsfeld zwischen Bündelung von Ressourcen und deren effizienten Einsatz und Streuung der Förderung unter Einbezug möglichst vieler, heterogener und regional verteilter Akteure.

Weitere, wichtige Dimensionen, an denen sich die Innovationssysteme entlang weiter ausdifferenzieren sind sektoraler und technologische Grenzen und deren bewusste Überschreitung z. B. in den gemeinsamen Innovationsprojekten für Infrastrukturlösungen und Netzintegration von Automobilindustrie und Energiewirtschaft oder die gezielte Zusammenarbeit bei FuE für Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs zwischen Automobilindustrie einerseits und chemischer Industrie, Batterieherstellern und Elektronikspezialisten andererseits sind. Letztere können bereits auf einige Erfahrungen in der Zusammenarbeit zurückgreifen, allerdings eher in Zulieferer-Kunden-Beziehungen und selten als gleichberechtigte Partner. In diesen sich neu bildenden Innovationssystemen sind etablierte Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik mit

neuen Akteuren konfrontiert, die andere Erwartungen, Ziele und Methoden zur Zielerreichung mitbringen. Die Strukturen der Systeme müssen sich soweit anpassen, dass die Erwartungen der verschiedenen Akteure aufeinander abgestimmt werden, um eine Kooperation möglich ist. Dies gelingt längst nicht in allen Fällen. Oftmals werden Kooperationen erst durch politische Förderung zunächst initiiert und aufrechterhalten, und selbst wenn so entsprechend günstige Rahmenbedingungen geschaffen werden, scheitern viele Kooperationen an den unterschiedlichen Erwartungsstrukturen der beteiligten Akteure.

In Kapitel 4.1 und 4.2 wurde der Strukturwandel innerhalb der Innovationssysteme parallel zu dem Wandel der Wertschöpfungskette, der Systeme der Wirtschaft und der Wissenschaft aufgezeigt. Zum einen führen zunehmender Innovationsdruck und Komplexität des Innovationsgeschehens dazu, dass Kooperationen im Allgemeinen aber auch zwischen Wettbewerbern zunehmen. Kooperationen haben zum Ziel Marktmacht durch Größe herzustellen und so verschiedene, technologische Pfade gleichzeitig verfolgen zu können. Kooperationen zwischen Konkurrenten, aber auch Kooperationen zwischen neuen und etablierten Akteuren sind oftmals schwierig. Sie setzen Zusammenarbeit trotz Konkurrenz voraus, um den Bestand der neuen Systeme dauerhaft zu sichern. Deshalb werden oftmals Joint Venture gegründet, die dann unabhängiger von den einzelnen, kooperierenden Organisationen agieren und neue Strukturen aufbauen können. Dennoch beinhalten auch Joint Venture ein vergleichbar hohes Risiko des Scheiterns. Ähnliches gilt für Kooperationen zwischen unterschiedlichen Branchen und Disziplinen. Auch hierfür werden neue Systeme in Form von Organisationen und Organisationseinheiten gebildet, um eine Anpassung unterschiedlicher Strukturen zu ermöglichen. Aber auch bei diesen Konstellationen ist das Risiko des Scheiterns vergleichsweise hoch und die Kooperationen werden häufig nach einiger Zeit beendet.

Eine weniger formale und damit leicht zu beendende Form der Zusammenarbeit bildet die Beteiligung an staatlich geförderten Forschungsprojekten im Rahmen der verschiedenen Förderprogramme. Hier kommen verschiedene Akteure für eine zeitlich begrenzte Dauer zusammen, um gemeinsam an Innovationen zu arbeiten. Diese politisch geförderte Form der Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft wird im Folgenden genauer betrachtet (Kapitel 4.3.1). Ein Scheitern im Sinne der Beendigung der Kooperation während der Projektlaufzeit ist in diesen Fällen vergleichsweise selten. Allerdings sollte der Erfolg der Zusammenarbeit auch an der Fortsetzung einer Kooperation über die Projektlaufzeit hinaus sowie an der Verwertung der Ergebnisse gemessen werden. Deshalb werden im Folgenden Projekte aus Förderprogrammen betrachtet, die nacheinander initiiert wurden und aufeinander aufbauen. Kooperationen, die nach dem Triple-Helix-Modell politische, wirtschaftliche und wissenschaftliche Akteure umfassen, sollen die Dynamik und Innovativität der Systeme fördern. Vor allem die aktive Rolle der Politik unterscheidet diese Projekte von anderen. Ihre Häufigkeit und Besonderheiten werden in Kapitel 4.3.2 analysiert.

4.3.1 Politisch Förderung von Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft

Für die Förderung von Elektromobilität hat die Bundesregierung als Ziel „Eine Millionen Elektroautos in Deutschland bis 2020“ vorgegeben (vgl. Die Bundesregierung 2015). Damit wird ein quantitatives Ziel für Elektromobilität gesetzt, darüber, wie dieses Ziel erreicht werden soll, werden zunächst keine Vorgaben gemacht. Prinzipiell können alle Forschungsvorhaben gefördert werden, die zur Erreichung des Ziels beitragen. Dabei fokussieren die Bundesregierung und ihre Ministerien die Förderung auf FuE im Bereich Antriebs- und Batterietechnologie, Ladeinfrastruktur und Netzintegration, auf die Erprobung von Elektrofahrzeugen und den Aufbau regionaler Infrastrukturen (siehe Kapitel 3.2.3).

Darüber hinaus findet auf europäischer Ebene eine produktbezogene Regulierung statt, in dem Vorgaben zu CO₂-Emissionsgrenzen für Fahrzeugflotten gesetzt werden. Dabei werden ebenfalls keine Vorgaben zu Technologien und Strategien zur Erreichung der Ziele gemacht. Eine Reduktion der Fahrzeugemissionen kann auf verschiedene Arten erzielt werden bspw. durch die Reduktion von Fahrzeug Gewicht und Größe oder durch den Einsatz alternativer Antriebe und Kraftstoffe. Allerdings werden Fahrzeuge mit besonders geringen Emissionswerten wie Elektro- und Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge durch sogenannte „Super Credits“ begünstigt. Somit wird die Forschung und Entwicklung entsprechender Technologie zusätzlich gefördert (siehe ebda.).

Elektromobilität ist ein problemzentriertes Forschungsfeld, das zwar auf der technologischen Entwicklung des elektrischen Antriebssystems beruht, aber sich keineswegs darin erschöpft. Die Forschung in diesem Bereich kann weder auf technologischer Ebene noch in seiner systemischen Verankerung im gesellschaftlichen Umgang mit Mobilität, den erforderlichen Infrastrukturen und der wirtschaftlichen Verwertung einer einzelnen Branche noch einer einzelnen wissenschaftlichen Disziplin zuzuordnen werden. Zur Diffusion einzelner, technischer Innovationen sind Folgeinnovationen in anderen Gesellschaftsbereichen notwendig. Für deren Entwicklung und Integration besteht sowohl die Notwendigkeit branchenübergreifender Kooperation als auch interdisziplinärer Forschung, um den Wissenstransfer zwischen Branchen und Disziplinen zu erhöhen. Interdisziplinarität und branchenübergreifende Kooperation stellen sich in Innovationssystemen nicht von alleine ein, da diese zur Reduktion von Komplexität eher auf Ausdifferenzierung und damit Spezialisierung ausgelegt sind. Die Innovationspolitik und staatlichen Programme zur Förderung von Elektromobilität legt deshalb einen Fokus auf die Förderung interdisziplinärer Forschung (siehe Kapitel 3.1.3).

Im Folgenden wird die Förderung von Kooperationen von Wirtschaft und Wissenschaft entlang beispielhaft ausgewählter, politischer Programme zur Förderung von Elektromobilität beschrieben.

Die Programme wurden bereits in Kapitel 3 vorgestellt. Ein erstes Förderprogramm waren die so genannten „Modellregionen für Elektromobilität“. Bisher gab es zwei Förderphasen: Die erste von 2009 bis 2011, die zweite von 2012 bis 2016. Die Fortsetzung in einer zweiten Phase und deren längere Laufzeit beruhen auf der Erkenntnis, dass es zur Entwicklung und Verbreitung von Elektromobilität einer mehr als zweijährigen Anschubfinanzierung bedarf. In der zweiten Phase wurden neben eher ländlichen Regionen auch internationale Projekte in die Förderung aufgenommen.

Abb. E.1 in Anhang E gibt einen Überblick über die acht Modellregionen für Elektromobilität mit der jeweiligen Zusammensetzung der Partner und Projekte sowie die Veränderungen von der ersten zur zweiten Phase. In der ersten Phase waren insgesamt 208 Partner an 73 Projekten beteiligt. Ca. zwei Drittel der Akteure waren Wirtschaftsunternehmen, etwa ein Viertel wissenschaftliche Einrichtungen und zehn Prozent staatliche Einrichtungen (vgl. BMVBS 2011a/b). In der zweiten Förderphase kamen 124 neue Partner hinzu. Dabei sind unter den neuen Partnern zehn Prozent mehr wissenschaftliche Organisationen als unter den Partnern der ersten Phase (siehe Anhang E, Abb. E.2). Die Zahl der geförderten Projekte nahm in der zweiten Phase deutlich ab. Unter den knapp 50 Projekten sind nur 13 Projekte, die als Folgeprojekte ein Projekt aus der ersten Förderphase weiterführen (vgl. NOW 2012).

Unter den Akteuren aus der Wirtschaft sind 83 Prozent an einem und 17 Prozent an mehreren Projekten beteiligt. Ein Großteil der Akteure stammt nicht aus der Automobilindustrie. Die meisten Akteure sind aus der Energiewirtschaft (36 Prozent), darunter 34 Stadtwerke und lokale Energieversorger. Von den großen, überregionalen Energieunternehmen ist RWE an drei Projekten, Vattenfall an zwei Projekten sowie E.ON und EnBW an jeweils einem Projekt beteiligt. Ein weiterer, großer Teil der Akteure sind Verkehrs-, Transport- und Logistikunternehmen (22 Prozent), darunter 16 städtische und regionale Verkehrsbetriebe, sieben Logistik- und Transportunternehmen und zwei Carsharinganbieter. Die DB ist an fünf Projekten beteiligt, vor allem mit den Gesellschaften DB Rent Group und DB FuhrparkService. Die Lufthansa ist an einem Projekt beteiligt. Aus der Automobilindustrie kommen etwa 20 Prozent der Akteure. Besonders aktiv ist Daimler mit einer Beteiligung an sieben Projekten. Ebenfalls an mehreren Projekten beteiligt sind VW (3), Porsche (2) und Renault (2). An jeweils einen Projekt beteiligen sich BMW, Audi, PSA, Toyota und Ford. Außerdem sind drei Nfz-, drei Fahrrad- bzw. Pedelec-Hersteller und der Elektroauto-OEM H²O e-mobile in jeweils einem Projekt aktiv. Weitere neun Akteure sind Automobilzulieferer, darunter Voith, Eberspächer, Delphi, Bosch und außerdem der Fiat Nutzfahrzeug-Händler Karabag. Unternehmen aus anderen Branchen haben ebenfalls einen Anteil von etwa 20 Prozent. Diese kommen unter anderem aus den Bereichen Elektrotechnik und Elektronik, IKT, Beratung, Test und Zertifizierung, Stadtreinigung und Entsorgung und der Wohnungswirtschaft (vgl. BMVBS 2011a/b; siehe Anhang E, Abb. E.3).

In der zweiten Phase ist der Anteil der Unternehmen aus der Energiewirtschaft (15,5 Prozent) und der Automobilindustrie (13 Prozent) an den neuen Partnern deutlich geringen. Dagegen haben unter den neuen Partnern Unternehmen der Verkehrs-, Transport- und Logistikbranche einen Anteil von fast 30 Prozent und Unternehmen aus anderen Branchen sogar einen Anteil von über 40 Prozent, darunter je 20 Prozent Beratungsunternehmen und Unternehmen aus dem Bereich IKT (vgl. NOW 2012, siehe Anhang E, Abb. E.3). Die zunehmende Einbindung von Akteuren unterschiedlichster Branchen in der zweiten Phase zeigt, dass sich die Innovationssysteme zunehmend öffnen und die Einbindung der unterschiedlichen Kompetenzen bei der Entwicklung und Erprobung von Elektromobilität an Bedeutung gewinnt, besonders wenn es zunehmend um die Markteinführung neuer Technologie und weniger um reine Technologieentwicklung geht.

Die wissenschaftlichen Akteure, die an den Modellregionen beteiligt sind, sind zu zwei Dritteln an einem und zu einem Drittel an mehreren Projekten beteiligt. Die Beteiligung an mehr als einem Projekt ist demnach unter den wissenschaftlichen Akteuren verbreiteter als unter denen Wirtschaftsorganisationen. Knapp 60 Prozent gehören zu Universitäten und Hochschulen oder sind An-Instituten. So sind bspw. die RWTH Aachen mit sieben Instituten an acht Projekten, die TU Berlin mit drei Instituten an drei Projekten, die Universität Stuttgart mit zwei Instituten an drei Projekten und die TU Darmstadt mit zwei Instituten an zwei Projekten beteiligt. Ebenfalls in mehreren Projekten aktiv sind die Fachhochschule Frankfurt und die Universität Frankfurt. Die übrigen Beteiligten sind außeruniversitäre Wissenschaftseinrichtungen, überwiegend Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Hier sind acht Institute an 16 Projekten beteiligt. Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) ist in fünf Projekten aktiv. Die Verteilung auf verschiedene, wissenschaftliche Disziplinen spiegelt zunächst die Verteilung unter den etablierten, wissenschaftlichen Partnern der Automobilindustrie wieder. Jeweils ca. ein Drittel der Akteure können der Elektro- und Informationstechnik sowie dem Maschinenwesen zugeordnet werden. Immerhin 17 Prozent der wissenschaftlichen Akteure haben einen wirtschafts- oder sozialwissenschaftlichen Hintergrund. Außerdem vertreten sind Informatik, Verkehrswesen, Bauingenieurwesen und Ökologie (vgl. BMVBS 2011a/b; siehe Anhang E, Abb. E.4).

Unter den neuen Partnern in der zweiten Förderphase sind außeruniversitäre Einrichtungen etwas stärker vertreten. Die neu hinzukommenden Akteure aus der Wissenschaft stammen überwiegend (36 Prozent) aus den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Grund dafür ist die steigende Bedeutung gesellschaftlicher Akzeptanz und wirtschaftlicher Verwertbarkeit von Innovationen mit zunehmender Verbreitung neuer Technologien. Ein weiterer Zuwachs ist auch im Bereich Verkehrswesen mit 19-prozentigem Anteil an den neuen Akteuren zu verzeichnen. Mit zunehmender Verbreitung von Elektromobilität stellt sich vermehrt die Frage nach deren Einbindung und Folgeinnovationen in den Verkehrssystemen und der Verkehrswirtschaft. Auch andere Disziplinen wie bspw. Mathematik,

Logistik und Psychologie werden zunehmend in die Projekte mit eingebunden. Die Heterogenität der Akteure nimmt somit im wissenschaftlichen Bereich in der zweiten Förderphase ebenso zu wie im Bereich der Wirtschaft (vgl. NOW 2012; siehe Anhang E, Abb. E.4).

Ein wesentlicher Beitrag der Politik ist die Förderung der Projekte in den Modellregionen aber auch die Auswahl der Projekte und Zusammensetzung der Partner gemäß den Förderrichtlinien. Allerdings gibt es auch Akteure aus Politik und Verwaltung, die direkt als Partner an den Innovationsaktivitäten beteiligt sind. Die meisten sind an einem Projekt beteiligt. Ausnahmen sind die Stadt Hamburg sowie der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Stadt Bremen, die an mehreren Projekten beteiligt sind. Die meisten Beteiligten sind mit über 60 Prozent regionale und städtische Einrichtungen. Die übrigen sind Landeseinrichtungen, darunter vier Einrichtungen der Freien Hansestädte. Auch im Bereich der Politik wird die Beteiligung in der zweiten Förderphase differenzierter. Die neuen Partner sind ebenfalls überwiegend regionale und städtische Organisationen, neben einigen Landeseinrichtungen kommen nun aber auch Einrichtungen des Bundes als aktive Partner hinzu (vgl. BMVBS 2011a/b, NOW 2012; siehe Anhang E, Abb. E.5).

Stadt- und Kommunalverwaltungen kommen innerhalb von Förderprogrammen besondere Aufgaben zu. Vor allem wenn sie aktive Partner in den Projekten sind, haben sie wichtige Mehrfachfunktionen. Sie unterstützen durch die Anschaffung von Elektrofahrzeugen den Aufbau elektrischer Flotten sowie deren Erprobung. Die Fahrzeuge werden meist von Mitarbeitern genutzt, die so in Kontakt mit Elektromobilität kommen, was zur Bekanntheit und Akzeptanz der neuen Fahrzeuge beiträgt. Die Verwaltungen erteilen außerdem die Genehmigung für die Errichtung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum und können durch Sondergenehmigungen zum Parken und Laden an Lademöglichkeiten die Nutzung von Elektrofahrzeugen erleichtern.

Inhaltlich geht es in den Projekten überwiegend um die Erprobung und Weiterentwicklung von Elektrofahrzeugen, deren Komponenten, von Ladeinfrastruktur sowie Geschäftsmodellen und Mobilitätskonzepten. Die Projekte beschäftigen sich in der Regel mit mehr als einem Ziel. So stehen bspw. bestimmte Anwendungskontexte im Mittelpunkt eines Projekts, bei dem dann mehrere Aspekte der neuen Technologien betrachtet werden: Die technische Weiterentwicklung von Hybrid- und Elektrobussen und ihre Erprobung im ÖPNV, die Erprobung von Elektroautos in Unternehmensflotten und im Fuhrpark von Kommunen und Verwaltungen sowie die Konzeption passender Geschäftsmodelle, oder die Erprobung von Elektroautos, der Aufbau und die Weiterentwicklung der dafür notwendigen Ladeinfrastruktur (vgl. BMVBS 2011 a/b; NOW 2012).

Die Erprobung von Elektrofahrzeugen verschiedener Art und in unterschiedlichen Kontexten steht in beiden Phase im Vordergrund der Projekte, gewinnt in der zweiten Phase gegenüber der technischen Weiterentwicklung und dem Aufbau und der Erprobung von Ladeinfrastruktur sogar noch an Bedeutung. Die wichtigsten Erprobungsfelder sind der Einsatz von Elektrofahrzeugen in

Unternehmen und im ÖPNV. Dabei werden vor allem in der ersten Phase verschiedene Fahrzeuge erprobt. Neben Elektroautos, die zu Beginn der ersten Förderphase noch selten am Markt verfügbar und deshalb schwierig zu beschaffen sind, werden überwiegend Pedelecs und teilweise führerscheinpflichtige E-Bikes, leichte Nfz und Transporter, oder Spezialfahrzeuge, z. B. für die Abfallentsorgung, Straßenreinigung oder den Flughafenbetrieb in Flotten eingesetzt. Die Erprobung von Pedelecs wird in der zweiten Phase der Modellregionen nicht mehr gefördert, so dass diese Projekte nicht im Rahmen der Förderung fortgesetzt wurden. Stattdessen wird die Förderung auf Elektroautos fokussiert, was die Forschung und Erprobung von Elektromobilität als systemische Innovation insofern einschränkt, dass bestimmte Bereiche weniger beachtet werden. Gefördert werden soll damit die Verbreitung von Elektroautos, nachdem dieser Markt in den ersten Jahren der Förderung langsamer als erwartet gewachsen ist (vgl. ebda.).

Ein weiterer, wichtiger Anwendungskontext ist die Erprobung in den Fuhrparks der kommunalen und städtischen Organisationen. Die Bundesregierung stützt damit eine Beschaffungspolitik auf regionaler Ebene, die eine hohe Bedeutung für die Verbreitung und Akzeptanz von Elektromobilität hat. Die Beschaffung von Elektroautos für städtische und kommunale Fuhrparks wird oftmals kombiniert mit dem Aufbau öffentlich zugänglicher Ladestationen. Der Ladeinfrastrukturausbau wird im Wesentlichen einerseits von der Energiewirtschaft und andererseits von Städten und Kommunen getragen. Außerdem werden weitere, spezifische Anwendungskontexte für Elektromobilität untersucht, die in der zweiten Förderphase an Bedeutung gewinnen, wie der Einsatz von Elektroautos im Carsharing oder die Erprobung von Elektromobilität im ländlichen oder städtischen Raum, im Langstrecken- und Pendel- oder im Freizeit- und Tourismusverkehr (vgl. ebda.).

In der ersten Phase der Förderung beinhalten die Projekte noch deutlich häufiger als in der zweiten Phase technische Entwicklung und Optimierung. Einen wesentlichen Anteil hat die Weiterentwicklung von Ladesystemen, in ihrer Häufigkeit gefolgt von der Weiterentwicklung und Optimierung von Fahrzeugen, vor allem von Autos und Bussen, die in der zweiten Phase aber deutlich seltener sind. Auch zielen eine Reihe von Projekten auf die Entwicklung von Batterien und Batteriesystemen. Technische Entwicklung von Pedelecs, Spezialfahrzeuge und E-Rollern kommt in der zweiten Phase aufgrund der Fokussierung auf Pkw nicht mehr vor. Einige Projekte betrachten auch die Optimierung der Produktion und von Nfz (vgl. ebda.).

Wichtiges Ziel innerhalb der Modellregionen ist in der ersten Phase der Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur. Weitere Themen in diesem sind der Zugang zu öffentlicher Ladeinfrastruktur, der möglichst barrierefrei gestaltet werden soll und die Abrechnung des Ladestroms. Obwohl der Ladestrom an vielen im Zuge der Modellregionen aufgebauten Ladestationen während der Förderphase kostenlos ist, werden Möglichkeiten der Authentifizierung von Kunden und damit zukünftigen

Abrechnung untersucht, auch wenn in der Abrechnung von Ladestrom langfristig kein Geschäftsfeld gesehen wird (vgl. ebda.).

Konzipierung und Analysen von Geschäftsmodellen, der betriebswirtschaftliche Optimierung von elektrischen Fahrzeugflotten sowie neuen Mobilitäts- und Verkehrsmodellen sind weitere Themen der Förderprojekte. Bei der Untersuchung von Geschäftsmodellen geht es in erster Linie um die wirtschaftliche Verwertung von Elektromobilität. Ein wichtiges Thema ist die betriebswirtschaftliche Optimierung von Flotten, in denen Elektrofahrzeuge eingesetzt werden. Des Weiteren werden Geschäftsmodelle für den Einsatz von Elektrofahrzeugen im Carsharing oder im ÖPNV untersucht. In der ersten Phase wurde auch die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Pedelecs in Flotten oder Sharingsystemen betrachtet. Bei Mobilitätskonzepten wird der gesellschaftliche Umgang mit Elektromobilität und die Auswirkungen auf Mobilitätsroutinen untersucht. Elektrofahrzeuge haben andere Eigenschaften als herkömmliche Fahrzeuge, zum Beispiel die geringere Reichweite von Elektroautos, die somit eher für kurze Strecken genutzt werden, oder auch der höhere Fahrkomfort von Pedelecs, der einen Umstieg vom Auto aufs Fahrrad erleichtert. Dabei werden auch intermodale Mobilitätskonzepte untersucht, die eine Kombination verschiedener Verkehrsmittel beinhalten. Meistens geht es um die Einbindung von Elektrofahrzeugen in den ÖV. Multimodale Mobilitätskonzepte beschäftigen sich dagegen mit der Auswahl von verschiedenen Verkehrsmitteln für bestimmte Wege. Ein multimodales Mobilitätsverhalten beinhaltet die Offenheit für verschiedene Verkehrsmittel, die je nach Anlass und Situation gewählt werden (vgl. ebda.).

Weitere Inhalte der in den Modellregionen geförderten Projekten sind die Einbindung von Elektrofahrzeugen in die Stromnetze und die Erprobung entsprechender Technologien und Systeme, oder die Integration in regionale Klimaschutzziele sowie in die Stadtentwicklung und -planung. In der ersten Phase widmen sich auch einige Projekte dem Aufbau von Wartungssysteme, Werkstätten- und Händlernetzwerke. Wieder andere Projekte haben die Vernetzung von Partnern als Ziel, wobei sich diese Projekte in der ersten Phase auf regionale Vernetzung und in der zweiten Phase auf internationale Vernetzung konzentrieren. Weitere Themen sind die Untersuchung gesellschaftlicher Akzeptanz von Elektromobilität, die über die Akzeptanz einzelner Anwender hinausgeht, die Weiterentwicklung politischer Instrumente zur Förderung von Elektromobilität, die Untersuchung der volkswirtschaftliche Wirkung von Elektromobilität, Entwicklung von Applikationen (Apps) für Mobilitätsdienste und die Qualifizierung von Fachpersonal (außerhalb von Werkstätten) (vgl. ebda.).

Obwohl sich die Förderung in den Modellregionen überwiegend an deutsche Organisationen richtet sind unter den Beteiligten der ersten Förderphase auch sieben französische, eine englische und eine polnische Organisation, darunter die französischen OEM Renault und PSA sowie der polnische Bushersteller Solaris, außerdem die London School of Economics (LSE) und das französische I'Institut

français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR)³². Aus Frankreich kommen ebenfalls drei politische Akteure, der Conseil Régional Alsace, der Conseil Général de la Moselle und der Communauté Urbaine de Strasbourg. Diese sind wie das überregionale, französische Energieunternehmen EDF im grenzübergreifenden Projekt „CROME – Cross-border Mobility for EVs“ aktiv (vgl. BMVBS 2011a/b; MFW BW/ e-mobil BW/ Fraunhofer IAO 2011). In der zweiten Förderphase wird das regionale Förderprogramm des BMVBS für die transnationale Förderinitiative „Electromobility+“ geöffnet. Damit wird die Förderung der Bedeutung grenzüberschreitender Mobilität und der Zusammenarbeit im europäischen Wirtschaftsraum gerecht. So kommen ab 2012 mehrere Akteure aus Österreich, Frankreich, Polen, Dänemark, Schweden und Finnland dazu, die gemeinsam mit deutschen Akteuren an verschiedenen, internationalen Projekten beteiligt (vgl. NOW 2012, S. 138 ff.).

Bspw. sind am Projekt „SCElectRA“ zur Formulierung politischer Maßnahmen zur Förderung des Elektrofahrzeugmarktes in Europa ein deutsches und ein französisches Beratungsunternehmen sowie die französischen Institute IFSTTAR und IFP Energies nouvelles (IFPEN), ein Forschungsinstitut aus den Bereichen Energie, Transport und Umwelt, und das European Institute for Energy Research (EIFER), eine Forschungsinstitut für Energie und Umwelt in Karlsruhe, geründet vom KIT und der EDF (vgl. IFPEN 2011).

Ein weiteres, internationales Projekt ist das Projekt „SELECT“ zur Untersuchung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen als Alternative für einen umweltfreundlichen Wirtschaftsverkehr in der Stadt. An diesem Projekt sind ein österreichisches Beratungsunternehmen, ein österreichisches IT- und Software-Unternehmen, ein dänischer Ladeinfrastrukturbetreiber, das Department Mobility des Austrian Institute of Technology, die TU Dänemark (DTU) und das Institut für Verkehrsforschung des DLR beteiligt (vgl. AIT 2015).

Am Projekt „DEFINE“ zur Entwicklung politischer Instrumente zur staatlichen Förderung für eine erhöhte Marktdurchdringung von Elektromobilität sind wissenschaftliche Organisationen aus verschiedenen Ländern beteiligt: aus Österreich das wirtschaftswissenschaftliche Institut für Höhere Studien, das Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe (ESEA) der TU Wien und das Umweltbundesamt Österreich, das polnische Center for Social and Economic Research (CASE), das Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) und das deutsche Öko-Institute (vgl. ESEA 2014).

Im Projekt „EVERSAFE“ erarbeiten schwedische und deutsche Unternehmen und Wissenschaftler gemeinsam Sicherheitsanforderungen für Elektrofahrzeuge unter Berücksichtigung neuer, elektro-spezifischer Designs. Beteiligt sind Volvo, das Swedish National Road and Transport Research Institute, das schwedische Royal Institute of Technology, das Institut für Psychologie der TU

³² French Institute of Science and Technology for Transport, Development and Networks

Chemnitz, das Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut (EMI) und die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (vgl. Eversafe 2015).

Ein Projekt mit finnischer Beteiligung ist das Projekt „eMAP“. Ziel ist die Untersuchung und Ermittlung der Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen und deren volkswirtschaftlichen Auswirkungen. Neben dem Technical Research Centre of Finland VTT sind das Motor Transport Institute Warszawa ITS, die BASt, die KE-Consult Kurte & Esser GbR, das infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH und das Institut für Fahrzeugkonzepte des DLR (vgl. eMAP 2015).

Neben der Förderung in den Modellregionen gibt es eine Reihe so genannter übergeordneter Technologieprojekte. Zu Beginn wurden noch 17 übergeordnete Technologieprojekte gefördert, in der zweiten Phase nur noch drei. Bei diesen Projekten ging es in der ersten Phase besonders häufig, um technische Entwicklung, vor allem um Batterietechnologien und deren Überprüfung wie in den Projekten „ELAB“, „Batteriezentrum P10“ und „Batteriesicherheitslabor“, um die Entwicklung und Produktion von Elektroautos wie in den Projekten „E-Mobility Berlin/ Hamburg“ zum Aufbau und Demonstration der Elektroautos Smart ED und Mercedes-Benz A-Klasse E-Cell von Daimler, „NILS“ und „E-Golf“ zur Entwicklung eines Elektrokleinwagenkonzept und zum Aufbau einer Testflotte von VW. Weitere Projekte beschäftigen sich mit der Entwicklung, dem Aufbau, der Erprobung und technische Optimierung von Bussen, Lastkraftwagen (Lkw) und einspurigen Fahrzeugen wie Motorrädern und Pedelecs oder bestimmter Technologien wie elektrischen Antrieben und Ladesystemen. Die Fahrzeuge werden in den meisten Projekten auch in verschiedenen Kontexten – Unternehmensflotten, im ÖPNV, in Kommunen oder Langstreckentests erprobt. Weitere übergreifende Technologieprojekte beschäftigen sich mit Ladeinfrastrukturen. Das in diesem Kontext geförderte Projekt eTrust bildet insofern eine Ausnahme, dass es sich mit einer Akteurs-, Netzwerk- und Medienanalyse zur Elektromobilität beschäftigt (vgl. BMVBS 2011a; Zimmer/ Rammler 2011).

Die Akteure in diesen Projekten stammen überwiegend aus der Wirtschaft. Bei einem Teil der Projekte handelt es sich um die Förderung von Einzelvorhaben, an denen nur ein Partner bzw. ein Konzern und eine seiner Tochtergesellschaften beteiligt sind. „E-Mobility Berlin/ Hamburg“ ist ein Projekt von Daimler, „Elmos“ und „Elmos Flottentest“ sind Projekte von Daimler Buses und der Daimler Tochtergesellschaft EvoBus, und „Hymep“ ein Projekt von Daimler und Mercedes-Benz-Leasing. Von BMW sind zwei Projekte zu elektrischen, einspurigen Fahrzeugen und von VW die zwei Projekte „NILS“ und der „Flottenversuch E-Golf“. Ein wissenschaftliches Einzelvorhaben ist das Labor für Batterietechnologie (ELAB) des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) als Batterietest- und Batteriesicherheitszentrum. Vergleichbare Projekte sind das Batterietestzentrum P 10 der SGS Germany GmbH und das Batteriesicherheitslabor für lithium-Ionen-Batterien der Cetecom ICT Service GmbH. Kooperationsprojekte für übergeordnete Technologie sind bspw. das Projekt „Diwahybrid“ von Voith, Solaris und der Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen AG

(BOGESTRA), das Projekt „Primove“ von Bombardier und den Stadtwerken Augsburg, oder das Projekt „CROME“, an dem Daimler, Bosch, Porsche, PSA, Renault, EDF, EnBW, Schneider Electric, Siemens und das KIT beteiligt sind (vgl. BMBVS 2011a).

Unter den drei übergeordneten Technologieprojekten, die in der zweiten Phase gefördert werden sind zwei Fortsetzungsprojekte von „Primove“. Zum einen soll die induktive Ladetechnologie Primove von Bombardier in Elektrobussen im ÖPNV in Mannheim erprobt werden. Partner sind neben den Rhein-Neckar-Verkehrsbetrieben (RNV), die Stadt Mannheim und das KIT. Zum anderen entwickelt Bombardier die Primove-Technologie weiter und setzt diese in einem Elektrobus von Viseon ein (vgl. NOW 2012, S. 132 ff.).

In der zweiten Förderphase werden drei neuen Modellregionen in das Programm aufgenommen: Die Regionen Mitteldeutschland, Mecklenburg-Vorpommern und Saarland, in denen jeweils ein Projekt gefördert wird. Die Modellregion München ist bei der zweiten Phase der Förderung nicht mehr dabei. In Mitteldeutschland wird das Projekt „Emotif – Elektromobiles Thüringen in der Fläche“ gefördert, wobei acht Elektroautos in das Carsharing der Deutschen Bahn in Eisennach, Erfurt, Weimar und Jena integriert werden und somit die Einbindung im ländlichen Raum getestet wird. Die wissenschaftliche Begleitung erfolgt durch die Fachhochschule Erfurt. Am Projekt „e-Mobil-Saar“ ist ebenfalls die DB mit ihrer Tochtergesellschaft DB FuhrparkService beteiligt. Auch hier geht es um die Integration von Elektroautos ins Carsharing und parallel um den Aufbau von Ladeinfrastruktur. Weitere Partner sind das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr des Saarlandes, das Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES gGmbH) und die VGS Verkehrsmanagement-Gesellschaft Saar. Ebenfalls um ländliche Mobilität geht es im Projekt „Inmod“ in Mecklenburg-Vorpommern des Konzeptzentrums ländliche Mobilität der Hochschule Wismar. In Kombination mit einem Elektrobus und zwei Hybridbussen werden Pedelecs für die erste bzw. letzte Meile von kleinen Ortschaften zu den Bushaltestellen an den Hauptstraßen eingesetzt (vgl. NOW 2012, S. 128 ff.).

Ebenfalls seit 2012 werden vier Regionen als „Schaufenster für Elektromobilität“ gefördert. Diese Förderung wurde aus dem Programm der Modellregionen heraus entwickelt und ergänzt dieses. Dabei sollen regionale Aktivitäten stärker gebündelt und dadurch sichtbarer werden. Ziel der Förderung ist somit neben der Weiterentwicklung und Erprobung von Elektromobilität vor allem das Herstellen von öffentlicher Wahrnehmung der Technologie, wodurch die Nachfrage angeregt werden soll, die bisher hinter den Erwartungen zurückbleibt. Damit setzt die Bundesregierung eine Empfehlung der NPE zur stärkeren Fokussierung ihrer Aktivitäten und Einbindung der OEM um. In den vier Schaufenstern sind die wichtigsten Automobilregionen und OEM Deutschlands vertreten wie den Großraum Stuttgart-Karlsruhe in dem Daimler und Porsche ihre Firmenzentralen haben, die Region Hannover-Braunschweig-Wolfsburg-Göttingen, in der VW ansässig ist. Das Zusammenfassen von Bayern und Sachsen als Schaufensterregion ermöglicht es die Entwicklungs- und Produktions-

standorte München und Leipzig von BMW einzubeziehen. Die Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg besitzt zwar keine große, ansässige Industrie, dafür kommt ihr eine besondere, politische und öffentliche Bedeutung zu (vgl. Deutsches Dialog Institut 2014, BMVBS 2013, siehe auch Kap. 3.2.3).

An den Projekten der Schaufenster für Elektromobilität sind insgesamt 338 Organisationen beteiligt³³. Weitere 43 Organisationen sind assoziierte Partner der Projekte. Wie in den Modellregionen stammen die meisten Partner, fast 70 Prozent, aus der Wirtschaft. Im Vergleich zu den Modellregionen deutlich weniger Partner, nämlich nur 15 Prozent, sind wissenschaftliche Einrichtungen, allerdings sind etliche mit mehr als einem Institut beteiligt. Immerhin 18 Prozent der Partner stammen aus Politik und Verwaltung. Die Einordnung der einzelnen Akteure in die Akteursgruppen ist nicht immer eindeutig möglich, da einige Akteure durchaus mehreren Branchen und/ oder Disziplinen zugeordnet werden können. Für die hier verwendete Einordnung wurden in der Regel die Selbstdarstellung der Organisationen sowie die Schwerpunkt in den jeweiligen Projekten zugrunde gelegt. In den einzelnen Schaufensterregionen sind jeweils zwischen 84 und 107 Partner aktiv. Die Verteilung der Organisationen auf die unterschiedlichen Gesellschaftssysteme ist in den verschiedenen Regionen ungefähr gleich. In Baden-Württemberg sind staatliche Einrichtungen etwas überdurchschnittlich, im Schaufenster Bayern-Sachsen sind diese dagegen unterdurchschnittlich vertreten. Im Schaufenster Bayern-Sachsen sind dagegen überdurchschnittlich viele Organisationen aus Wirtschaft und Wissenschaft aktiv. Die meisten assoziierten Partner sind Wirtschaftsorganisationen und in den Schaufenstern Baden-Württemberg und Berlin-Brandenburg, in Niedersachsen gibt es nur einen assoziierten Wirtschaftspartner und in Bayerns-Sachsen gibt es keinen assoziierte Partner. Die meisten Partner sind nur in einem der vier Schaufenster aktiv. Es gibt allerdings Ausnahmen. Unter den Wirtschaftsorganisationen gibt es 16, die an mehreren Schaufenstern beteiligt sind, unter den Wissenschaftsorganisationen sechs (vgl. Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMo 2014; e-mobil BW/ WRS 2014; BMVBS 2011a/b; NOW 2012; siehe Anhang F, Abb. F.1).

In den vier Schaufenster-Regionen werden insgesamt über 130 Projekte gefördert. Die meisten Projekte gibt es in der Region Bayern-Sachsen mit knapp über 40 Projekten, gefolgt von Baden-Württemberg und Niedersachsen mit etwas über 30 Projekten. In Berlin-Brandenburg werden 25 Projekte gefördert. Die meisten Partner sind an jeweils einen Projekt beteiligt, das gilt vor allem für die Organisationen aus Politik und Verwaltung, die zu 85 Prozent an einem Projekt beteiligt sind, folgt von 78 Prozent der Wirtschaftsorganisationen. In der Wissenschaft sind etwas weniger, nämlich nur 64 Prozent an einen Projekt beteiligt. Unter den Wissenschaftspartnern sind besonders viele, die an mehr als zwei Projekten beteiligt sind, während dies in der Politik besonders selten ist, nämlich nur bei drei Partnern (knapp 6 Prozent) der Fall ist (vgl. ebda.).

³³ Diese und folgende Angaben beziehen sich auf den Stand Ende 2014.

Die Verteilung der Akteure aus der Wirtschaft auf verschiedene Branchen ist in den Schaufenstern-Regionen relativ heterogen. Zusammengenommen nur 35 Prozent können den Branchen Automobilindustrie (13 Prozent), Energie und Infrastruktur (17 Prozent) sowie Verkehr, Transport und Logistik (15 Prozent) zugeordnet werden. Diese machten in der ersten Förderphase der Modellregionen immerhin noch zusammen 79 Prozent aus und in der zweiten Förderphase unter den neuen Partnern noch 58 Prozent. Aus der Automobilindustrie sind zwölf der Akteure OEM und 19 Zulieferer oder Dienstleister. Von den OEM ist VW an zehn Projekten, BMW an acht Projekten, Daimler an sieben Projekten, Audi an sechs Projekten und Porsche an zwei Projekten beteiligt. Damit sind VW, BMW und Audi deutlich aktiver in den Schaufensterprojekten als in den Projekten der Modellregionen, wo diese jeweils nur an zwei bis drei Projekten beteiligt waren oder sind. Weitere OEM in Schaufensterprojekten sind German E-Cars, Volvo Trucks, Solaris Bus & Coach, der Elektronutzfahrzeughersteller eM-Pro Elektromobilität sowie die Spezialfahrzeughersteller Cobus, Schopf und Mulag. Unter den Zulieferern und Dienstleistern sind vor allem Bosch, Bombardier, Continental und der TÜV mit verschiedenen Regionalgesellschaften aktiv. Bosch, TÜV Nord, TÜV Süd und TÜV Rheinland sowie ABB Automation Products sind ebenfalls in den Modellregionen aktiv (vgl. ebda.; siehe Anhang F, Abb. F.1 und F.2).

Die größte Akteursgruppe kann der Energiewirtschaft und den Bereich Energieinfrastrukturen zugordnet werden. Den größten Anteil machen dabei 18 lokale Energieversorger und Stadtwerke aus. In mehreren Projekten und damit besonders aktiv sind die enercity Contracting GmbH, eine Tochtergesellschaft der Stadtwerke Hannover, BS Energie Braunschweig und die Stadtwerke Leipzig. Die meisten großen, überregionalen Energieversorger und Kraftwerksbetreiber, denen sechs Akteure zugeordnet werden können, sind ebenfalls in mehreren Projekten aktiv. Zu diesen zählen u. a. EnBW, E.ON, Vattenfall und RWE. Diese sind ebenfalls in den Projekten der Modellregionen aktiv. Weitere Akteure in dieser Kategorie sind vor allem Netzbetreiber und Unternehmen der Solar- und Windbranche. Außer den großen Energieversorgern gibt es weitere Akteure, die auch in den Modellregionen aktiv sind oder waren. Dies sind Solon, die Stadtwerke München, die Stadtwerke Leipzig, die Drewag Stadtwerke Dresden, die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim, die VW Kraftwerks GmbH und die Enso Netz GmbH (vgl. ebda.; siehe Anhang F, Abb. F.2).

Aus den Bereichen Verkehr, Transport und Logistik, der zweitgrößten Akteursgruppe, kommen 15 Prozent der Akteure. Darunter bilden die Logistik- und Transportunternehmen die größte Gruppe, gefolgt von regionalen Verkehrsbetrieben, Car-, Pedelec-, und E-Roller-Sharing-Anbietern, Flughäfen und Häfen. Besonders aktiv sind die DB mit verschiedenen Tochtergesellschaften, die an sechs Projekten beteiligt sind, sowie die Deutsche Post und ihre Tochtergesellschaft DHL, die an vier Projekten beteiligt sind. Beide Unternehmen sind in den drei Schaufenstern Baden-Württemberg, Berlin-Brandenburg und Bayern-Sachsen aktiv und sind auch an Projekten der Modellregionen

beteiligt. Weitere Unternehmen, die ebenfalls an den Modellregionen beteiligt sind, sind die Berliner Verkehrsbetriebe, die Leipziger Verkehrsbetriebe, die Stuttgarter Straßenbahnen, United Parcel Service (UPS) Deutschland, Meyer & Meyer Logistikzentrum und Logistic Network Consultants (vgl. ebda., siehe Anhang F, Abb. F.2).

Eine vierte Akteursgruppe, die auch in den Modellregionen und dort vor allem in der zweiten Phase stark vertreten ist, sind Unternehmen der IKT-Branche. Die meisten dieser Unternehmen sind Softwareentwickler und -hersteller, teilweise für Spezialsoftware z. B. für Industrie- und Businessanwendung, Verkehrssimulation oder Ortungsdienste. Eine weitere, größere Gruppe sind Telekommunikations-, Mobilfunk- und Industriekommunikationsanbieter. Weitere Gruppen sind Anbieter von Smart-Home-Technik oder Webdesigner und App-Entwickler. Ebenso häufig vertreten wie IKT-Unternehmen sind Innungen, Kammern und Verbände, die sich überwiegend bestimmten Gewerben und Regionen zuordnen lassen. Fast genauso oft sind Beratungs- und Forschungsunternehmen unter den beteiligten Akteuren. Andere Akteursgruppen sind Hotels und Restaurants als assoziierte Partner, Unternehmen aus der Elektro- und Elektronikindustrie, Entsorgungs- und Reinigungsfirmen, Wirtschaftsförderung sowie Pflege- und Sozialunternehmen. Einige Unternehmen sind besonders aktiv und an mehreren Projekten beteiligt. Neben den bereits genannten sind dies die Wolfsburg AG, die im Schaufenster Niedersachsen an sechs Projekten beteiligt ist, das Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ GmbH), das an fünf Projekten in den zwei Schaufenstern Berlin-Brandenburg und Baden-Württemberg beteiligt ist, die Stadtwerke Leipzig und die Drewag Stadtwerke Dresden, die im Schaufenster Bayern-Sachsen an je drei Projekten beteiligt sind, Siemens, das in jeweils einen Projekt in Baden-Württemberg, Berlin-Brandenburg und Bayern-Sachsen aktiv ist, sowie der Carsharinganbieter Car2go, der in Baden-Württemberg an drei Projekten beteiligt ist (vgl. ebda.; siehe Anhang F, Abb. F.2).

Abbildung F.3 im Anhang F zeigt die Verteilung der wissenschaftlichen Einrichtungen, die an den Schaufenster-Projekten beteiligt sind. Die größte Gruppe machen die Universitäten mit 43 Prozent aus, gefolgt von den Fachhochschulen mit 19 Prozent. Die außeruniversitären Einrichtungen erscheinen in dieser Darstellung mit sechs Prozent als deutlich unterrepräsentiert. Die Fraunhofer-Gesellschaft ist alleine mit acht Instituten an 22 Projekten in allen vier Schaufensterregionen. Das entspricht einer Beteiligung an 17 Prozent aller Projekte. Die Fraunhofer-Gesellschaft ist damit der aktivste Akteure im den Innovationssystemen, die durch die Schaufenster gebildet werden. Ebenfalls sechs Prozent der wissenschaftlichen Einrichtungen machen private Forschungseinrichtungen aus, die durch ihre Selbstbeschreibung eher den wissenschaftlichen als den wirtschaftlichen Akteuren zugerechnet werden können und als gemeinnützig gelten. Außerdem sind (berufsbildende) Schulen und Weiterbildungseinrichtungen an den Projekten beteiligt (vgl. Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMo 2014; e-mobil BW/ WRS 2014).

21 Universitäten beteiligen sich an den Schaufenster-Projekten. Darunter sind die TU9 mit Ausnahme der TU Darmstadt. Dabei sind die Universitäten besonders aktiv, die in einer der vier Schaufensterregionen ansässig sind. Bspw. ist die TU Dresden mit neun Instituten an elf Projekten in Schaufenster Bayern-Sachsen und einem im Schaufenster Niedersachsen beteiligt. Die meisten Institute wirken dabei an einem Projekt mit, das Institut für Automobiltechnik (IAD) und der Lehrstuhl für Verkehrsökonomie sind an mehreren Projekten beteiligt. Insgesamt stammen die Beteiligten aus verschiedenen Disziplinen. Die TU Berlin ist mit sechs Instituten an zwölf Projekten des Schaufensters Berlin-Brandenburg beteiligt. Das DAI-Labor („Distributed Artificial Intelligence Laboratory“), die Fachgebiete Integrierte Verkehrsplanung und Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik sind in mehreren Projekten aktiv. Außerdem beteiligt sind die Institute Energieversorgungsnetze und Integration Erneuerbarer Energien (SENSE – „Sustainable Electric Networks and Sources of Energy“), Methoden der Produktentwicklung und Mechatronik (MPM), Planungs- und Architektursoziologie. Die TU Braunschweig ist ähnlich aktiv wie die TU Berlin und die TU Dresden, nämlich mit zehn Instituten in elf Projekten der Schaufensterregion Niedersachsen. Hier ist besonders das Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen (elenia) zu nennen, das an vier Projekten beteiligt ist. Des Weiteren sind Institute aus den Disziplinen Maschinenwesen, Elektro- und Informationstechnik, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften vertreten. Von der Universität Stuttgart werden fünf Institute in acht Projekten im Schaufenster Baden-Württemberg als Partner genannt. An mehreren Projekten beteiligt sind hier das Institut für Arbeitswissenschaften und Technologiemanagement (IAT) und das Städtebau-Institut. Die disziplinären Schwerpunkte der beteiligten Institute und Forschungszentren der Universität Stuttgart liegen bei den Wirtschaftswissenschaften und interdisziplinärer Forschung. Das KIT ist neben fünf Projekten des Schaufensters Baden-Württemberg auch an einem Projekt des Schaufensters Bayerns-Sachsen beteiligt. Zwei interdisziplinäre Institute, ein Institut der Wirtschaftswissenschaften und ein Forschungszentrum für Informatik beteiligen sich an den Projekten. Die TUM und die Leibniz Universität Hannover sind immerhin in fünf Projekten des Schaufensters Bayern-Sachsen bzw. des Schaufensters Niedersachsen vertreten. Die RWTH Aachen ist mit dem Institute for Power Generation and Storage Systems nur an einem Projekt im Schaufenster Bayern-Sachsen aktiv. Die RWTH Aachen ist dagegen in der Modellregion Rhein-Ruhr aktiver und war und ist dort an verschiedenen Projekten beider Förderphasen beteiligt (vgl. ebda.; BMVBS 2011a; ElektroMobilitätNRW 2015).

Die weiteren, dreizehn Universitäten sind überwiegend an einem Projekt beteiligt. Ausnahmen bilden u. a. die TU Chemnitz, die mit drei Instituten an vier Projekten im Schaufenster Bayern-Sachsen beteiligt ist, wobei das Institut für Psychologie in zwei Projekten aktiv ist. Außerdem beteiligt sind je ein Institut der Elektro- und Informationstechnik und der Wirtschaftswissenschaften. Die Universität Göttingen und die TU Clausthal sind Partner in je drei Projekten im Schaufenster

Niedersachsen. Von der Universität Göttingen ist die Sustainable Mobility Research Group (SMRG) an zwei Projekten und ein Institut für Wirtschaftswissenschaften an einen Projekt beteiligt. Von der TU Clausthal ist ebenfalls ein wirtschaftswissenschaftliches Institut aktiv sowie eines der Elektro- und Informationstechnik (vgl. Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMo 2014; e-mobil BW/ WRS 2014).

Von den 15 beteiligten (Fach-)Hochschulen ist besonders die Westsächsische Hochschule Zwickau zu nennen. Sie ist mit einem interdisziplinären Institut des Maschinenbauwesens und der Elektro- und Informationstechnik an vier Projekten im Schaufenster Bayern-Sachsen beteiligt. Die übrigen (Fach-)Hochschulen sind überwiegend in den jeweiligen Schaufenstern aktiv, in denen sie regional ansässig sind (vgl. ebda.). Damit bestätigt sich die relativ hohe Wichtigkeit räumlicher Nähe ist bei Hochschulkooperationen.

Die drei außeruniversitären Wissenschaftsorganisationen, die an den Projekten der Schaufenster beteiligt sind, sind die bereits erwähnte Fraunhofer-Gesellschaft, das DLR und die Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) e.V.. Acht Institute der Fraunhofer-Gesellschaft sind an 22 Projekten beteiligt. Am aktivsten ist das Fraunhofer IAO, Stuttgart, das an acht Projekten des Schaufensters Baden-Württemberg beteiligt ist. In dieser Schaufensterregion sind außerdem das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, in vier Projekten und das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg, in drei Projekten aktiv. Das Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme (IVI), Dresden, ist Partner in fünf Projekten des Schaufensters Bayern-Sachsen. Weitere an Projekten in Bayern-Sachsen beteiligte Fraunhofer Institute sind das Fraunhofer-Zentrum für Mittel- und Osteuropa (MOEZ), Leipzig, und das Fraunhofer IKTS, Hermsdorf. Das Fraunhofer IFAM, Bremen, ist in Niedersachsen und das Fraunhofer IPK, Berlin, in Berlin-Brandenburg aktiv (vgl. ebda.).

Vom DLR wirken im Wesentlichen zwei Institute an den Schaufenster-Projekten mit: Das Institut für Verkehrstechnik (Berlin) in Berlin-Brandenburg und das Institut für Verkehrssystemtechnik (Braunschweig) in Niedersachsen. Letzteres ist auch in einem Projekt in Baden-Württemberg aktiv, genauso wie das Institut für Fahrzeugkonzepte (Stuttgart). Die FfE (München) ist an vier Projekten in Bayern-Sachsen und Niedersachsen beteiligt (vgl. ebda.). Demnach ist auch bei den außeruniversitären Einrichtungen die räumliche Nähe der jeweiligen Institute zu den Schaufensterregionen wichtig für deren jeweilige Beteiligung.

Betrachtet man die Verteilung der beteiligten, wissenschaftlichen Institute nach Disziplinen zeigt auch hier die zunehmende Offenheit der Innovationssysteme für verschiedene Disziplinen. Die klassischen, ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen des Maschinenbaus machen nur 20 Prozent der beteiligten Institute aus. Diese ist somit auch im Vergleich mit den Modellregionen (27 Prozent in der ersten Phase) gesunken. Einen konstant großen Anteil machen Elektro- und Informatiktechnik (21

Prozent), Informatik (11 Prozent) und Wirtschaftswissenschaften (17 Prozent) aus. Darin spiegelt sich die hohe Bedeutung der Kompetenzen aus der Elektro- und Informationstechnik für die Entwicklung von Elektrofahrzeugen und der dazugehörigen Infrastruktur. Kompetenzen aus der Informatik sind zunehmend erforderlich für die systemtechnische Steuerung und die Einbindung von Elektrofahrzeugen in Energie- und Verkehrssysteme. Die Möglichkeiten der Vermarktung und Geschäftsmodelle für Elektromobilität stellen eine wesentliche Herausforderung für die erfolgreiche Diffusion der neuen Technologien dar, für deren Lösung wirtschaftswissenschaftliche Kompetenzen benötigt werden. Die oftmals an wirtschaftswissenschaftliche Fragestellungen anschließende Frage nach der gesellschaftlichen Akzeptanz und Integration von Elektromobilität in soziale Praktiken erklärt die Beteiligung von immerhin zehn Prozent sozialwissenschaftlichen Instituten. Auffällig ist auch der mit zwölf Prozent hohe Anteil interdisziplinärer Institute an den Schaufenster-Projekten. Wissenschaftliche Einrichtungen, die in ihrem Grundsatz interdisziplinär zusammengesetzt sind, haben den Vorteil, dass komplexe Innovationen wie Elektromobilität aus verschiedenen, disziplinären Blickwinkeln betrachtet werden können. Des Weiteren häufig vertreten sind Institute, die sich mit verschiedenen, disziplinären Schwerpunkten mit Verkehrsforschung beschäftigen (vgl. ebda.; BMVBS 2011a/b; siehe auch Anhang F, Abb. F.4).

Die Verteilung der beteiligten, politischen Einrichtungen (siehe Anhang F, Abb. F.5) zeigt eine eindeutige, regionale Nähe der Akteure sowie eine überwiegende Beteiligung von städtischen und kommunalen Einrichtungen mit über 60 Prozent, gefolgt von Landeseinrichtungen mit knapp 30 Prozent. Weitere sechs Prozent entfallen aus staatlichen Einrichtungen, überwiegend ebenfalls städtisch oder kommunal, aus dem Ausland bei grenzübergreifenden Projekten. Die meisten städtischen und kommunalen Akteure gibt es im Schaufenster Berlin-Brandenburg. Am Projekt „Elektrifizierung des Landesfuhrparks Berlin“ sind alle zwölf Berliner Bezirksverwaltungen beteiligt. Geringer ist die Beteiligung städtischer und kommunaler Einrichtungen am Schaufenster Bayern-Sachsen. Grund dafür ist die Schwerpunktsetzung auf überregionalen Themen, z. B. Langstrecken Mobilität, in diesem Schaufenster. Die überwiegende Zahl der Landeseinrichtungen ist in Baden-Württemberg aktiv. Hier sind am Projekt „Landesfuhrpark - Das Land als Vorbild für mehr Elektromobilität“ alle Landesministerien mit nachgeordneten Bereichen beteiligt. Ein inhaltlicher Schwerpunkt bei den Projekten, an denen staatliche Einrichtungen beteiligt sind, ist damit die Umstellung von Fuhrparks von Behörden und Ministerien auf Elektromobilität. Damit übernimmt die Politik eine wichtige Doppelfunktion bei der Einführung von Elektromobilität: Einerseits unterstützt sie mit politischen Förderprogrammen die Forschung, Entwicklung und Markterprobung, andererseits stellt sie eine erste wichtige Kundengruppe dar. In dem sie ihre Fuhrparks mit Elektrofahrzeugen ausstattet erzeugt sie eine zusätzliche Nachfrage und ermöglicht ihren Mitarbeiter den Zugang zu innovativen

Technologie, wodurch wiederum die Bekanntheit und Akzeptanz der Elektrofahrzeuge steigt (vgl. Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMO 2014; e-mobil BW/ WRS 2014).

Inhaltlich werden in den Schaufenstern für Elektromobilität je nach Region verschiedene Schwerpunkte gesetzt. Auf der Internetseite „schaufenster-elektromobilitaet.org“ wird jedem Projekt ein inhaltlicher Schwerpunkt zugeordnet. Insgesamt werden die Themen Energie und Ladeinfrastruktur, Aus- und Weiterbildung sowie Wirtschaftsverkehr. Diese werden in allen vier Regionen betrachtet, allerdings in unterschiedlich starker Ausprägung. Im Schaufenster Bayern-Sachsen beschäftigen sich besonders viele Projekte mit dem Thema Aus- und Weiterbildung. Das Thema Energie und Ladeinfrastruktur ist in allen vier Schaufensterregionen etwa gleich wichtig, außer in Baden-Württemberg, wo es etwas seltener vorkommt. Das Thema Wirtschaftsverkehr wird besonders häufig in Berlin-Brandenburg und Bayern-Sachsen betrachtet. Weitere, durchschnittlich häufig vorkommende Themen sind Nutzer, Mobilitätskonzepte, IKT, Markt, Stadtentwicklung, Fahrzeug sowie Kommunikation. Diese werden unterschiedlich häufig in den verschiedenen Regionen behandelt, teilweise kommen sie in einer Region gar nicht vor. Sonstige, eher selten genannte Themen sind Verkehrsmanagement, Batterie, rechtlichen Rahmenbedingungen sowie systemischer Ansatz und Umwelt (vgl. Deutsches Dialog Institut 2014; siehe Anhang F, Abb. F.6).

In Baden-Württemberg steht das Thema Markt an erster Stelle, noch vor den Themen Energie und Ladeinfrastruktur, Aus- und Weiterbildung und Wirtschaftsverkehr. Insgesamt wird in Baden-Württemberg fast das gesamte Themenspektrum in mindestens einem Projekt betrachtet mit Ausnahme des Themas Batterie. In Berlin-Brandenburg findet die stärkste Fokussierung der Projekte auf ausgewählte Schwerpunkte statt. Acht der insgesamt 14 genannten Schwerpunkte werden keinem der Projekte zugeordnet. Besonders häufig sind hier die Themen Energie und Ladeinfrastruktur, Wirtschaftsverkehr und Mobilitätskonzepte. Außerdem gibt es Projekte, die sich mit den Themen Stadtentwicklung, Aus- und Weiterbildung und IKT befassen. In der Region Bayern-Sachsen sind neben den Themen Aus- und Weiterbildung, Energie und Ladeinfrastruktur und Wirtschaftsverkehr, die Themen Nutzer sowie Fahrzeuge vergleichsweise häufig. In Niedersachsen sind die drei häufigsten Themen Energie und Ladeinfrastruktur, Aus- und Weiterbildung sowie Nutzer, gefolgt von den Themen IKT, Kommunikation, Stadtentwicklung und Wirtschaftsverkehr (vgl. ebda.).

Allerdings verwenden die einzelnen Schaufensterregionen auf ihrer jeweiligen Internetseite andere Kategorien, um die Projekte inhaltlichen Schwerpunkten zuzuordnen. Diese Kategorien sind nur teilweise deckungsgleich mit den oben genannten. Auf „livinglab-bw.de“ werden die Projekte in der Region Baden-Württemberg in neun Themenfelder sortiert³⁴: Flotten und gewerbliche Verkehre, Intermodalität, Energie, Infrastruktur und IKT, Wohnen und Elektromobilität, Stadt- und Verkehrs-

³⁴ Die Reihenfolge, in der die Themenfelder genannt werden, verweist auf die Rangfolge ihrer Häufigkeit. Dies gilt auch für die Auflistungen zu den anderen Schaufensterregionen.

planung, Fahrzeugtechnologie, Kommunikation und Partizipation, Ausbildung und Qualifizierung sowie projektübergreifende Forschung (vgl. e-mobil BW 2015). Die Kategorien, in denen die Projekte des Schaufensters Berlin-Brandenburg von der eMO – Berliner Agentur für Elektromobilität gelistet werden, sind: Personenverkehr, Energie und Ladeinfrastruktur, Güterverkehr, Forschung und Bildung, IKT sowie Fahrzeugsystem (vgl. eMO 2015). Auf der Homepage des Schaufensters Bayern-Sachsen sind die Projekte in nur vier Kategorien geordnet: Elektrofahrzeug, Aus- und Weiterbildung, Verkehrssystem und Energiesystem (vgl. Bayern Innovativ 2014). Für die Region Niedersachsen hat die Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg GmbH eher umschreibende Kategorien gewählt, die sich auf bestimmte Handlungsweisen beziehen. Diese lauten: „Einfach elektrisch fahren“, „Engagiert Arbeitsplätze schaffen“, „Intelligent Strom tanken“ und „Nachhaltig Klima schützen“ (vgl. Metropolregion 2015). Auch die Kategorien der verschiedenen Internetseiten sind nur bedingt vergleichbar. Deshalb werden im Folgenden die Inhalte der Schaufensterprojekte in die für die Modellregionen für Elektromobilität induktiv aus den Projektbeschreibungen entwickelten Kategorien eingeordnet, um Veränderungen in den Schwerpunkten der verschiedenen Innovationssysteme aufzeigen zu können.

Die Erprobung von Elektrofahrzeugen in verschiedenen Anwendungskontexten bleibt das wichtigste Thema der Förderprojekte. Bei den Schaufensterregionen stehen dabei ebenso wie in den Modellregionen die Erprobung in Unternehmensflotten und im ÖPNV, zum Teil kombiniert mit dem Einsatz von Spezialfahrzeugen und Pedelecs im Vordergrund. Deutlich häufiger geht es bei den Schaufenstern explizit um die Erprobung von Elektrofahrzeugen im städtischen Raum (vgl. Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMO 2014; e-mobil BW/ WRS 2014; NOW 2012; BMVBS 2011a/b).

Wesentliche Resultat und Nutzen der Erprobung von Elektrofahrzeugen ist neben dem damit verbundenen Erkenntnisgewinn, welche Elektrofahrzeuge in welchen Kontexten mehr oder weniger gut eingesetzt werden können, ist die Beschaffung von Elektrofahrzeugen durch verschiedene Akteure. So wird einerseits die Verbreitung und Marktdurchdringung von Elektromobilität vorangetrieben, andererseits werden Elektrofahrzeuge durch verschiedenste Personengruppe im Alltag sowohl beruflich als auch in der Freizeit erprobt. Dies trägt maßgeblich zur Bekanntheit der Technologie und neuen Verkehrskonzepte bei und kann so die Akzeptanz von Elektromobilität fördern. Allerdings bleibt die Wirkung in der Regel beschränkt auf einen eingeschränkten Personenkreis und auf einzelne Städte und Regionen. Eine breite Wirkung kann nur durch die Kumulation vieler solcher Projekte über einen langen Zeitraum ausgehen.

Das zweitwichtigste Thema in den Schaufensterregionen ist Qualifizierung bzw. Aus- und Weiterbildung. Dabei geht es um das Erstellen von Aus- und Weiterbildungsangeboten zu Themen der Elektromobilität, Ermittlung von Anpassungsbedarfen in bestehenden Qualifizierungsprogrammen,

Entwicklung von Qualitätsstandards und Zertifizierungen für Weiterbildungsangebote sowie neuer Lernformate. Dieses Thema wird besonders häufig in den Schaufensterregionen Bayern-Sachsen und Niedersachsen bearbeitet. Das Thema Qualifizierung hatte bisher in den Modellregionen eine untergeordnete Rolle gespielt (vgl. ebda.).

Die technische Entwicklung, Weiterentwicklung und Optimierung von Fahrzeugen, Komponenten und Systemen steht in den Schaufensterprojekten an dritter Stelle und ist somit zwar noch ein wichtiges Thema, hat aber im Vergleich zu den Modellregionen an Bedeutung verloren. Einzig im Schaufenster Bayern-Sachsen steht technische Entwicklung und Optimierung an zweiter Stelle. Weiterhin an erster Stelle innerhalb dieses Themenbereichs steht die Entwicklung und Optimierung von Ladesystemen. Außerdem gibt es in den Schaufenstern Projekte zur technischen Weiterentwicklung von Bussen, Batterien und Produktionssystemen (vgl. ebda.).

Geschäftsmodelle für Elektromobilität in verschiedenen Kontexten haben eine gleichbleibende Bedeutung. In den Schaufenstern stehen wiederum Geschäftsmodelle für den Flottenbetrieb im Vordergrund. Neue Kontexte in diesem Bereich sind Geschäftsmodelle für Ladesysteme, Spezialfahrzeuge und spezielle Anwendungsbereiche wie Taxiflotten. In Baden-Württemberg ist die Entwicklung und Konzeption von Geschäftsmodellen das am zweithäufigsten genannte Thema. Etwas seltener wird dagegen der Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur sowie die damit verbundene Abrechnung des Ladestroms als Inhalt der Projekte genannt (vgl. ebda.).

Zwei Themen, die in den Schaufenstern häufiger vorkommen als in den Modellregionen sind IKT für bzw. IT-Integration von Elektromobilität und die Einbindung von Elektrofahrzeugen in Stromnetze sowie damit verbundene Technologie (vgl. ebda.). Darin zeigt sich der systemische Charakter der Innovation, der an den Veränderungen der Innovationssysteme immer deutlicher zu beobachten ist. Zusammen mit einer Öffnung für neue Akteure, z. B. aus der Energiewirtschaft und der IKT-Branche, verändern sich auch inhaltliche Schwerpunkte der Forschung. Innovationen in einem Bereich ziehen Innovationen in einem anderen nach sich oder sind auf diese für eine erfolgreiche Diffusion angewiesen. Die Auswirkungen der Einbindung von Elektrofahrzeugen in Stromnetze, gesteuertes und sogar bidirektionales Laden von Elektrofahrzeugen lassen diese zu mobilen Stromspeichern werden, die besonders in Kombination mit der eher unsteten Produktion erneuerbaren Energien und dezentralen, intelligenten Stromnetzen von Bedeutung sind. Die Steuerung der Systeme rund um Elektrofahrzeuge, von Stromnetzen bis zu Verkehrssystemen, sowie das Energiemanagement der Fahrzeuge selbst übernimmt spezifische Software, die immer häufiger zum Gegenstand von Forschung und Innovationen wird. Auch die Schnittstelle zwischen Nutzer und Fahrzeug, ob nun privat genutzt, in Flotten, im Carsharing oder als Teil eines intermodalen Mobilitätsdienstes, ist zunehmend digital, erfolgt über Webanwendungen oder Smartphone-Apps. Die Digitalisierung der Mobilität, die zum Teil Folge, zum Teil Voraussetzung neuer, elektromobiler Mobilitätskonzepte ist,

dient der Vereinfachung und Komplexitätsreduktion bei der Nutzung entsprechender Angebote und steigert so deren Akzeptanz. Entwicklung von zum Teil intermodalen oder multimodalen Mobilitätskonzepten wird etwa gleich häufig in den Schaufenstern und den Modellregionen und etwas gleich häufig wie die Einbindung in Stromnetze thematisiert. Etwas häufiger wird das Thema in Baden-Württemberg bearbeitet (vgl. ebda.).

Ein neues Thema in den Schaufenstern, das nicht in den Modellregionen ausdrücklich genannt wird und immerhin explizites Ziel in zehn Projekten ist, ist Kommunikation und Information. Dabei geht es vor allem darum Informationen für die Öffentlichkeit bereit zu stellen, damit diese sich über Elektromobilität informieren kann. Ziel ist es Elektromobilität und die entsprechenden Projekte bekannt und erlebbar zu machen, in der Hoffnung mit zunehmender Bekanntheit auch die Akzeptanz in der Bevölkerung zu steigern und zur Sensibilisierung für CO₂-Emissionen durch Mobilität im Alltag beizutragen. Außerdem soll auf Qualifizierungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten hingewiesen werden (vgl. ebda.).

Des Weiteren werden gesellschaftliche Akzeptanz schaffen, einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, Integration von Elektromobilität in die Stadtentwicklung, Entwicklung politische Instrumente zur Förderung von Elektromobilität, die Entwicklung von spezifischen Werkstätten-Konzepten und die Untersuchung volkswirtschaftlicher Auswirkungen als Inhalte der Schaufensterprojekte genannt (vgl. ebda.).

Anhand dieses Überblicks der Akteure und Inhalte der Projekte in den Modellregionen und Schaufensterregionen lässt sich exemplarisch zeigen, welchen die Veränderungen in den Innovationssystemen der deutschen Automobilindustrie auftreten. Durch die Förderprogramme für Elektromobilität bilden sich neue Innovationssysteme, die Auswirkungen auf etablierte Systeme und Innovationsmuster haben. Die Systeme öffnen sich für neue Akteure aus verschiedenen Branchen und Disziplinen sowie für neue Themen und Inhalte, auf die sich die Innovationsaktivitäten beziehen. Diese Öffnung führt zu Veränderungen in den Strukturen, die auch in den etablierten Innovationssystemen und bei den etablierten Akteuren der Automobilindustrie einen Strukturwandel auslösen. Gleichzeitig bilden sich neue Systeme um neue Themen herum. Die Akteure müssen ihre jeweiligen Erwartungen, Ziele und Vorgehen zumindest zeitweise anpassen, so dass eine Zusammenarbeit innerhalb der Programme und Projekte ermöglicht wird. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn Akteure aus unterschiedlichen, gesellschaftlichen Funktionssystemen gemeinsam an einem Projekt beteiligt sind, und dabei etablierte und neue Akteure zusammenkommen. Im folgenden Kapitel soll nun anschließend anhand der Beziehungen der Akteure untereinander und Zusammensetzungen der Projekte gezeigt werden, welche Bedeutung die Kooperation von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik vor allem in den neu gebildeten Innovationssystemen spielt. Dabei werden Fallbeispiele von Projekten mit heterogenen Zusammensetzungen aufgegriffen und diskutiert.

4.3.2 Triple-Helix-Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Die Förderung von Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik wird in den beiden betrachteten Förderprogrammen der Bundesregierung – Modellregionen Elektromobilität und Schaufenster für Elektromobilität – betont. Das BMVI schreibt dazu: „Im BMVI-Förderschwerpunkt ‚Elektromobilität in Modellregionen‘ arbeiten Akteure aus Wissenschaft, Industrie und den beteiligten Kommunen eng zusammen, um den Aufbau einer Infrastruktur und die Verankerung der Elektromobilität im öffentlichen Raum voranzubringen“ (BMVI 2015). Auf schaufenster-elektromobilitaet.org findet sich eine ähnliche Formulierung: „Ziel des Programms ist es, die deutschen Kompetenzen in den Bereichen Elektrofahrzeug, Energieversorgung und Verkehrssystem in ausgewählten, groß angelegten regionalen Demonstrations- und Pilotvorhaben systemübergreifend zu bündeln und sichtbar zu machen. In enger Kooperation von öffentlicher Hand, Industrie und Wissenschaft werden dabei innovative Elemente der Elektromobilität erprobt. Sie werden für die Öffentlichkeit erfahrbar gemacht und Impulse für die nationale wie internationale Nachfrage generiert“ (Deutsches Dialog Institut 2014).

Nach dem Triple-Helix-Modell besitzen Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik ein besonders hohes Innovationspotential. Die Beziehung zwischen Organisationen der drei Systeme ist besonders dynamisch. Da sich interagierende Systeme koevolutionär entwickeln, passen sich ihre Strukturen im Zuge der Interaktion aneinander an. Wenn sich die Akteure aus zwei Systemen, wie bspw. aus der Wirtschaft und Wissenschaft, die bei der FuE z. B. für eine bestimmte Technologie zusammenarbeiten, über einen längeren Zeitraum aneinander anpassen und ein geschlossenes System bilden, entstehen technologische Trajekte, die einen Entwicklungspfad vorgeben und Innovationen außerhalb dieses Pfades ausschließen. Je heterogener die Akteure eines Systems sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie die jeweiligen Rationalitäten der anderen Partner infrage stellen. Aus dieser Dynamik entsteht Strukturwandel und Innovation (siehe Kapitel 2.2.3). Die Funktion von Triple-Helix-Kooperationen ist somit die Unterstützung und Beschleunigung von Innovationen. Dabei müssen die Beteiligten ihre Interaktionen an einem gemeinsamen Ziel ausrichten. Da Akteure aus unterschiedlichen Funktionssystemen nicht über geteilte Referenzsysteme verfügen, ist das Konfliktpotential und Risiko des Scheiterns in diesen Kooperationen besonders hoch. Förderprojekte sind eine formalisierte, aber zeitlich begrenzte Form der Kooperation, die so für die Beteiligten ein geringeres Risiko als andere Formen der Zusammenarbeit wie bspw. Joint Venture beinhalten und die durch die Förderung einen zusätzlichen Anreiz zur Zusammenarbeit bieten.

Abbildung E.6 in Anhang E zeigt, dass in der ersten Phase der Förderung der Modellregionen zwei Drittel Kooperationsprojekte und ein Drittel Einzelprojekte waren. Als Einzelprojekte werden dabei Projekte bezeichnet, an denen nur ein Partner beteiligt ist. An Kooperationsprojekte sind dagegen mindestens zwei Partner beteiligt, wobei diese nicht unbedingt aus unterschiedlichen Funktionssystemen sein müssen. Bei den Kooperationsprojekten sind verschiedene Zusammensetzungen der Partner möglich. Genauso häufig wie Kooperationen, bei denen Partner aus demselben Funktionssystem kommen, sind in der ersten Förderphase Kooperationen zwischen Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft. Eher selten sind Kooperationen zwischen Wirtschaft und Politik oder Wissenschaft und Politik. Ähnlich selten sind Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik (vgl. BMVBS 2011b).

In der zweiten Förderphase der Modellregionen ist die absolute Zahl an Projekten geringer, 47 statt 73, aber der Anteil der Kooperationsprojekte mit knapp 80 Prozent höher. Einzelprojekte machen nur noch etwas über 20 Prozent aus. Auch der Anteil an Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik ist deutlich von 12,5 auf 38 Prozent³⁵ gestiegen. Ebenfalls gestiegen ist bei fast gleichbleibender Anzahl der Anteil von Wirtschafts-Wissenschaftskooperationen von 35 auf 43 Prozent. Seltener sind Kooperationen von Partnern desselben Funktionssystems, Kooperationen zwischen Wirtschaft und Politik sowie zwischen Wissenschaft und Politik (vgl. NOW 2012; siehe Anhang E, Abb. E.6).

Der Anteil von Kooperationsprojekten ist bei den Schaufensterregionen noch einmal höher und liegt bei ca. 90 Prozent. Die meisten Kooperationen beinhalten Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft. Diese Art der Zusammenarbeit macht über 55 Prozent aus. Besonders hoch ist ihr Anteil in den Regionen Berlin-Brandenburg und Bayern-Sachsen (je ca. 64 Prozent). Knapp 13 Prozent der Kooperationsprojekte sind Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Damit liegt der Anteil der Triple-Helix-Kooperationen hier unter dem in der zweiten Phase der Modellregionen. Mit 23 Prozent ist der Anteil dieser Kooperationen in Baden-Württemberg deutlich höher, und in Niedersachsen mit 17 Prozent leicht höher, als in Berlin-Brandenburg (weniger als zehn Prozent) und Bayern-Sachsen (weniger als drei Prozent, was einem Projekt entspricht). Außerdem gibt es einzelne Kooperationen zwischen Wirtschaft und Politik sowie zwischen Wissenschaft und Politik (vgl. Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMo 2014; e-mobil BW/ WRS 2014; siehe Anhang F, Abb. F.7).

Im Folgenden werden die Triple-Helix-Kooperationen genauer betrachtet. Die Tabellen in Anhang G geben einen Überblick über die entsprechenden Projekte in den verschiedenen Förderprogrammen. Dabei wird genauer beschrieben, wer die beteiligten Partner sind, welchem Funktionssystem, welche

³⁵ Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil innerhalb der Kooperationsprojekte, nicht auf die Gesamtzahl der Projekte.

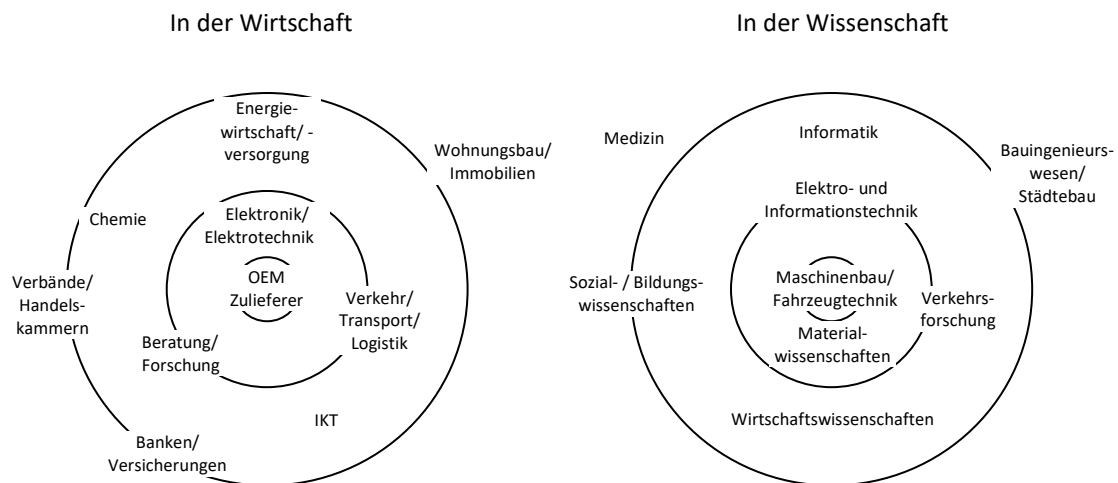
Branche, Disziplin oder politischen Ebene sie zuzuordnen sind, ob es sich um etablierte Akteure der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie handelt. Des Weiteren wird der Gegenstand der Kooperation betrachtet: Welche Ziele verfolgen die Akteure mit dem Projekt und, sofern beurteilbar, welche Reichweite hat die mit dem Projekt verbundene Innovation? Die Bewertung der Reichweite einer Innovation oder eines Projektergebnisses gibt Aufschluss über die Bedeutung für die Innovationssysteme und den darin stattfindenden Strukturwandel. Eine Bewertung kann dabei immer nur eine Momentaufnahme der aktuellen Situation sein, denn selbst wenn die Akteure eines abgeschlossenen Projekts aktuell keine Beziehung zu einander aufzeigen, kann diese zukünftig wieder aufgebaut werden, und eine aktuell erfolgreiche Kooperation kann in der Zukunft scheitern. Bewertet werden gegebenenfalls die Fortsetzung einer Kooperation oder deren Veränderung mit der Zeit, die ökonomische, wissenschaftliche oder politische Verwertbarkeit einer Innovation bzw. eines Projektergebnisses, dessen gesellschaftliche Akzeptanz und Nutzen sowie dessen öffentliche Wirkung. Außerdem wird diskutiert, ob gegebenenfalls geteilte Erfahrungen und Erwartungen sowie räumliche Nähe eine Bedeutung haben.

In den Tabellen G.1 und G.2 in Anhang G sind alle Projekte in den Modellregionen und Schaufenstern gelistet, die eine aktive Beteiligung von Organisationen der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik aufweisen. Es zeigt sich, dass der überwiegende Teil zusätzlich branchenübergreifende Kooperationen beinhaltet. Dies ist bei 26 von 34 Projekten der Fall. An fünf von acht Projekten, die keine Branchen übergreifende Kooperation beinhalten ist jeweils nur ein Partner aus der Wirtschaft beteiligt. Die am häufigsten, beteiligten Branchen sind die Energiewirtschaft und die Verkehrs-, Transport- und Logistikbranche. Diese gehören zu den neuen Akteuren in den Innovationssystemen. An dritter Stelle kommen Beratungs- und Forschungsunternehmen. Diese recht heterogene Gruppe setzt sich sowohl aus neuen als auch aus etablierten Akteuren zusammen. Die OEM und Zulieferer, die etablierte Akteure der Innovationssysteme, kommen an vierter und fünfter Stelle und sind immerhin an 40 Prozent bzw. 25 Prozent der Triple-Helix-Kooperationen beteiligt. Außerdem gibt es sehr viele Unternehmen aus verschiedenen, anderen Branchen, wobei Vertreter dieser Branchen selten in mehr als zwei bis drei Projekten zu finden sind. Vergleichsweise häufig gibt es noch Unternehmen aus der IKT-Branche, vor allem in den Schaufensterprojekten und den Projekten der zweiten Phase der Modellregionen, sowie Wohnungsbau und Immobilienfirmen. Weitere beteiligte Unternehmen stammen u. a. aus der Elektro- und Chemieindustrie, sind Banken, Versicherungen, Verbände oder Handelskammern. An den meisten Projekten sind sowohl etablierte als auch neue Akteure beteiligt. Nur an einem Projekt, dem Projekt „EVERSAFE - Everyday Safety for Electric Vehicles“, das eines der Projekte für europäische Zusammenarbeit im Rahmen der zweiten Förderphase der Modellregionen ist, ist lediglich ein etablierter Wirtschaftspartner, nämlich der OEM Volvo beteiligt (vgl. Eversafe 2015; siehe Anhang G und die dort angegebenen Quellen).

Etwas seltener als branchenübergreifende Zusammenarbeit ist auch interdisziplinäre Zusammenarbeit Teil der Triple-Helix-Kooperationen, nämlich in 18 von 34 Projekten. An den übrigen Projekten ist, mit Ausnahme eines Projektes, jeweils nur ein wissenschaftlicher Partner beteiligt, so dass interdisziplinäre Zusammenarbeit nicht möglich ist. Die wissenschaftlichen Partner stammen aus sehr unterschiedlichen, wissenschaftlichen Disziplinen. Schwerpunkte liegen auf den Wirtschaftswissenschaften, der Verkehrsforschung sowie Maschinenbauwesen und Fahrzeugtechnik. Ein großer Teil der beteiligten Institute sind etablierte Akteure der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie. Unter den wirtschaftswissenschaftlichen Instituten sind allerdings auch solche, die eher als neue Akteure einzustufen sind. Eine Einordnung der Wissenschaftsorganisationen anhand ihrer Selbstbeschreibung in etablierte und neue Partner fällt indes eher schwer. Weitere Schwerpunkte liegen auf den Disziplinen Elektro- und Informationstechnik, Bauingenieurwesen und Städtebau sowie Sozial- und Bildungswissenschaften. Ebenfalls vertretene Disziplinen sind Materialwissenschaften, Informatik und Kommunikationswissenschaften sowie Medizin. Besonders in den Modellregionen sind vergleichsweise häufig nur etablierte Akteure und vergleichsweise selten ausschließlich neue Akteure an den Projekten beteiligt. In 40 Prozent der Projekte sind sowohl neue als auch etablierte Akteure aktiv (siehe Anhang G und die dort angegebenen Quellen).

Die Einteilung der Akteure aus verschiedenen Branchen und wissenschaftlichen Disziplinen in die Kategorien „etablierte Akteure“ und „neue Akteure“ der Innovationssysteme erscheint zum Teil als problematisch. Selten liegen ausreichend Informationen über vergangene Geschäfts- und Forschungsaktivitäten sowie zurückliegende Beziehungen vor, um zuverlässig einzuschätzen, ob ein Akteur einer bestimmten Branche oder Disziplin als etablierter oder neuer Akteur gelten sollte. Gleichzeitig stellt sich die Frage, ob ein Akteur, der an nur wenigen Projekten oder Kooperationen beteiligt ist oder war, bereits als etablierter Akteur angesehen werden kann. Unabhängig davon ist der Einfluss eines einzelnen Akteurs, der sich an einigen Projekten zur Elektromobilität beteiligt, auf die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie sehr begrenzt. Allerdings beeinflusst die große Zahl neuer Akteure aus sehr heterogenen Bereichen wiederum insgesamt die Strukturen der Systeme, trägt zu deren Ausdifferenzierung und zur Bildung neuer Subsysteme bei. Abb. 4.3 versucht die relative Entfernung der Branchen und Disziplinen, die an den Projekten der Modellregionen und Schaufenstern beteiligt sind, zu der Kernbranche der Automobilindustrie, der sich überwiegend aus OEM und Zulieferern zusammensetzt, sowie der Kerndisziplin, dem Maschinenwesen und Fahrzeugtechnik, graphisch darzustellen.

Abbildung 4.3: Etablierte und neue Akteure der Innovationssysteme



Quelle: Eigene Darstellung

Das wichtigste Ziel der Triple-Helix-Projekte ist, wie allgemein bei allen betrachteten Förderprojekten, die Erprobung von Elektrofahrzeugen. Je nach Ausrichtung des Projekts und Zusammensetzung der Partner wird in vielen Projekten eine bestimmte Fahrzeugart erprobt oder die Erprobung findet in einem spezifischen Kontext statt. Einige Projekte erproben Elektrofahrzeuge relativ allgemein unter Alltagsbedingungen bzw. in der alltäglichen Nutzung (colognE-mobil, E-mobil NRW, Fellbach ZEROplus, E-Plan München). Im Projekt E-Plan München werden darüber hinaus Elektroautos in anderen Kontexten eingesetzt (s. u.) (siehe Anhang G, Tab. G.1 und G.2 sowie die dort angegebenen Quellen).

Andere Projekte erproben bestimmte Fahrzeugarten. Bspw. geht es bei „Primove Mannheim“, in den Bombardier, ein Spezialist für Schienenfahrzeugtechnologie, der Hauptakteur ist, um den Einsatz von Elektrobussen mit spezifischer, induktiver Ladetechnik im ÖPNV. Mehrere Schaufensterprojekte haben die Erprobung von Pedelec zum Ziel, z. B. im Pendlerverkehr (EBikePendeln, eRadschnellweg) oder in betrieblichen Flotten (Elektroflotten in der Erprobung). An diesen Projekten sind keine etablierten Wirtschaftsakteure beteiligt. Vielmehr sind es Energieversorger, Städtebau- und Beratungsunternehmen sowie Betriebe, in denen die Pedelecs eingesetzt werden. Allerdings sind hier einige etablierte Wissenschaftsakteure vertreten, wie das Institut für Transportation Design (ITD) der Hochschule der Bildenden Künste Braunschweig oder das DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik. Aus der Politik sind Organisationen von fast allen Ebenen vertreten, Verwaltungen von Gemeinden, Landkreisen und Städten bis hin zu verschiedenen Landesministerien (vgl. ebda.).

Ein weiterer Kontext in dem Pedelecs oder Elektroautos erprobt werden, sind Sharing-Flotten und Verleihsysteme (Pedelec: E-Aix, e-Mobilität vorleben, eRad in Freizeit und Tourismus; Elektroautos: emma, e-mobil Saar, RUHRAUTOe, LUI, E-Plan München, e-Mobilität vorleben). An diesen Projekten sind häufig Carsharinganbieter beteiligt. Die DB-Töchter DB FuhrparkService und DB Rent sind jeweils

an zwei Projekten beteiligt. Die DB setzt Elektroautos im Rahmen ihres Carsharingangebots Flinkster ein und erprobt Pedelecs in einzelnen Städten im Fahrradverleihssystem Call-a-Bike. Weitere an Triple-Helix-Projekten beteiligte Carsharinganbieter sind Drive-CarSharing und DriveNow. Bei den Projekten „e-Mobilität vorleben“ und „eRad in Freizeit und Tourismus“ des Schaufensters Niedersachsen sind keine (Car-)Sharinganbieter unter den Partnern. Die Sharing- und Verleihsysteme werden vom Landkreis Göttingen bzw. dem Landkreis Goslar und der Stadt Hannover mit Unterstützung von Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft ausgebaut (vgl. ebda.).

Auch Nfz und Transporter werden in verschiedenen Kontexten erprobt: im innerstädtischen Lieferverkehr (E-City-Logistik, Urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr) und in kommunalen Flotten (E-Aix). Im Projekt „Elmo“ werden unterschiedliche Fahrzeugarten im urbanen Wirtschaftsverkehr erprobt. Bei diesen Projekten sind oftmals Unternehmen aus der Transport- und Logistikbranche beteiligt, wie die Paketdienste Deutsche Post DHL, UPS und Dynamic Parcel Distribution (DPD) sowie das Logistikunternehmen Meyer & Meyer Transport Service, aber auch die Logistiksparten von Handelsunternehmen wie CWS-boco International und T€Di Logistik. Diese Unternehmen setzten Elektrofahrzeuge in ihren Lieferflotten ein. Sie werden dabei von in der Automobilforschung etablierten, wissenschaftlichen Akteuren und politischen Partnern in der Stadtverwaltung unterstützt. Stadtverwaltungen sind wichtig für die entsprechende Gestaltung bzw. Umgestaltung der ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen (s. u.) (vgl. ebda.).

Neben der bereits beschriebenen Erprobung in Sharing-Flotten, werden Elektrofahrzeuge überwiegend in Unternehmensflotten (E-Carflex Business, Wirtschaft am Strom, Elektroflotten in der Erprobung, E-Plan München) und kommunalen Flotten (E-Carflex Business, eMoVe, Wirtschaft am Strom, metropol-E) eingesetzt. Bei der Erprobung in Unternehmensflotten sind die Unternehmen, in denen die Elektrofahrzeuge erprobt werden, überwiegend aktive Partner in den Projekten. So ist es in den Schaufensterprojekten „E-Plan München“, in dem Elektroautos in der Taxiflotte von IsarFunk genutzt werden und zwar an den Taxiständen rund um das Klinikum München, das ebenfalls Partner im Projekt ist, sowie „Elektroflotten in der Erprobung“, in dem Elektrofahrzeuge beim Paritätischen Wohlfahrtsverband und der Polizei, wobei der entsprechende Partner das Niedersächsische Ministerium für Inneres und Sport ist, eingesetzt werden. Auch bei „E-Carflex Business“, ein Projekt der Modellregionen Rhein-Ruhr, werden die Elektrofahrzeuge zunächst bei den Stadtwerken und der Stadtverwaltung Düsseldorf in den betrieblichen Flotten eingesetzt. Genutzt wird das System von Drive-CarSharing, um eine öffentliche Nutzung der Fahrzeuge zu ermöglichen. Das Projekt „Wirtschaft am Strom“ der Modellregion Hamburg ist anders konzipiert. Hierbei sind die Unternehmen, welche die Elektrofahrzeuge erproben, nicht Teil des Projektkonsortiums, sondern werden von den Projektpartnern rekrutiert. Beteiligt sind neben Europcar, der Handelskammer Hamburg und HySOLUTIONS, der Projektleitstelle für Elektromobilität in Hamburg, auch zwei Banken (Mercedes-

Benz-Bank und RCI Bank) sowie drei OEM (VW, Renault und Nissan). Außerdem sind die Stadt Hamburg und zwei Partner aus der Wissenschaft beteiligt. An jedem dieser Projekte ist außerdem ein Energieversorgungsunternehmen beteiligt. In den weiteren Projekten zur Erprobung in kommunalen Flotten zeigt sich ein ähnliches Bild. Hier sind es die Städte Aachen („eMoVe“) und Dortmund („metropol-E“), die im Rahmen der Modellregion Rhein-Ruhr Elektrofahrzeuge in kommunalen Flotten erproben. Ihr Partner stammen aus der Wissenschaft, FH Aachen und RWTH Aachen bzw. TU Dortmund und TU Berlin, sowie aus der Energiewirtschaft, STAWAG Stadtwerke Aachen bzw. RWE. Außerdem sind an beiden Projekten Beratungs- und Planungsunternehmen beteiligt. In Aachen ist außerdem der Verkehrsverbund AVV Teil des Konsortiums, da eines der Ziele die Verknüpfung von Elektromobilität mit dem ÖV und weiteren Mobilitätsangeboten ist (vgl. ebda.).

Ein spezifischer Kontext für die Erprobung kann außerdem ein bestimmter Raum sein, wie ein Ballungsgebiet (colognE-Mobil II, eRad in Freizeit und Tourismus), mittelgroße Städte (EMiS), der ländlichen Raum (emma, e-Mobilität vorleben, eRad in Freizeit und Tourismus) oder auch ein grenzüberschreitenden Raum (Crome). Das Projekt „colognE-mobil II“ setzt die Erprobung von Elektrofahrzeugen in Köln fort, die im Projekt „colognE-mobil“ begonnen wurde. Das Projektziel wurde ausgeweitet auf die Einbindung von Elektromobilität in alle wesentlichen Verkehrsträger und Verkehrsunternehmen im Ballungsraum. Dafür kommen neuen Partner hinzu. Neben den bereits im ersten Projekt beteiligten Ford Werken und der RheinEnergie, u. a. die DB FuhrparkService, der Flughafen Köln-Bonn und der Regionalverkehr Köln sowie als assoziierte Partner die Kölner Verkehrs-Betriebs und der Taxi Ruf Köln. Diese Unternehmen haben die Möglichkeit in verschiedenen Flotten im städtischen Raum einzusetzen. Auch neue, wissenschaftliche Partner kommen hinzu, nämlich die Lehrstühle für Interaktive Systeme (Informatik), für Stadtplanung und Städtebau, für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre (ABWL) & Internationales Automobilmanagement und für ABWL & Automobilwirtschaft der Universität Duisburg-Essen. Bereits Teil des ersten Projekts war der Lehrstuhl für Mechatronik (vgl. ebda.).

Auch im Projekt „EMiS“ werden Elektrofahrzeuge in verschiedenen Flotten in den mittelgroßen Städten Göppingen und Schwäbisch Gmünd erprobt. Partner sind neben den Stadtverwaltungen und den lokalen Energieversorgern, u. a. zwei Unternehmen der Abfallwirtschaft und eine Wohnungsbau-gesellschaft. Wissenschaftlich begleitet wird das Projekt vom Städtebau-Institut der Universität Stuttgart. Ein Beispiel für die Erprobung im ländlichen Raum ist das Projekt „emma“. Auch hier sind die wichtigen lokalen Akteure, die Stadt Friedrichshafen, die Stadtwerke am See, der Bodensee-Oberschwaben Verkehrsverbund und der Campus Friedrichshafen der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) Partner des Projekts. Außerdem gehört zum Konsortium wiederum die DB Fuhrpark, das InnoZ, bei dem die DB größter Anteilseigner ist, sowie der Softwarespezialist HaCon und das Quality und Usability Lab der TU Berlin (vgl. ebda.).

Das Projekt „Crome“ zur Erprobung grenzüberschreitender Mobilität zwischen Deutschland und Frankreich hat eines der größten Konsortien unter den Triple-Helix-Projekten. Neben aktiv beteiligten Partnern gibt es auch eine Reihe assoziierter Organisationen. Wichtige Partner aus der Automobilindustrie sind Daimler, Porsche und Bosch sowie Renault und PSA Peugeot Citroën. Hinzukommen die Elektrotechnikkonzerne Siemens und Schneider Electric sowie die Energiekonzerne EnBW und EDF. Assoziierte Partner sind verschiedene Stadtwerke, Nissan, Toyota und der VDA. Ähnlich prominent ist auch der wissenschaftliche Teil des Konsortiums aufgestellt mit zwei Instituten des KIT, EIFER und IFSTTAR. Außerdem sind drei französische Stadt- und Regionalverwaltungen (Straßburg, Elsass und Mosel) beteiligt. Das Projekt „Crome“ ist eines der wenigen Projekte in dem mehrere etablierte Akteure der Automobilindustrie zusammenkommen (vgl. ebda.).

Neben dem Ziel der Erprobung spielt bei vielen Triple-Helix-Projekten das Thema Ladeinfrastruktur eine wichtige Rolle. Dabei geht es um die Entwicklung, den Aufbau und die Erprobung geeigneter Ladeinfrastrukturen für die Erprobung der Elektrofahrzeuge. Im Projekt „LIS“ (Ladeinfrastruktur Stuttgart und Region) bildet die Erforschung des wirtschaftlichen Betriebs von Ladeinfrastrukturen für Carsharing mit Elektrofahrzeugen sogar das Hauptziel des Projekts. Dabei werden die Themen Funktionalität und Technik, wirtschaftliches Betreiben und Stadtentwicklung betrachtet. Partner sind Daimler und Car2go, EnBW, das Fraunhofer IAO und die Stadt Stuttgart. Das Thema wirtschaftlicher Betrieb von Ladeinfrastruktur ist ein schwieriges Thema, da Aufbau und Betrieb mit hohen Kosten verbunden ist, die durch die geringen Einnahmen nur schwer amortisierbar sind. Erste Veröffentlichungen zum Projekt spiegeln dieses Problem. Die Betriebskosten können bisher ohne Förderung nicht gedeckt werden. Die Zahlungsbereitschaft der Kunden für Ladestrom ist gering und richtet sich am Preis für Haushaltsstrom aus. Die Kosten sind für den Betreiber aber wesentlich höher. Die Auslastung der Ladestationen, gemessen an der Anzahl der Ladevorgänge, ist abhängig vom jeweiligen Standort (vgl. ebda.; Walch 2015, S. 6ff.).

Ebenfalls um Entwicklung, Aufbau und Erprobung von Ladeinfrastruktur geht es in den Projekten „colognE-Mobil I & II“, „E-mobil NRW“, „emma“, „e-Mobil Saar“ und „Fellbach ZEROplus“. Nicht in jedem dieser Projekte ist ein Energieversorger aktiv. Im Projekt „e-Mobil Saar“ ist das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr des Saarland für den Ladeinfrastrukturaufbau zuständig und trägt auch zunächst die Stromkosten für Ladevorgänge. Im Projekt „Fellbach ZEROplus“ sind die Ladepunkte Teil eines Haus/Fahrzeug-Energiemanagement mit Photovoltaik-(PV)-Anlage, über die sowohl die Energieplus-Häuser als auch die Elektrofahrzeuge mit Strom versorgt werden. Die Entwicklung der Systeme findet am Fraunhofer ISE statt. In den anderen, genannten Projekten ist jeweils ein oder mehrere Energieversorger aktiv (siehe Anhang G, Tab. G.1 und G.2 sowie die dort angegebenen Quellen).

In anderen Projekten geht es um bestimmte Aspekte oder Technologie der Ladeinfrastruktur. Im Projekt „Crome“ liegt der Fokus bspw. auf der Entwicklung und Erprobung einer interoperablen Ladeinfrastruktur und dazugehörigem „E-Roaming“ für die Abrechnung von Ladestrom nach dem Roaming-Prinzip von Mobilfunknetzen. Im Projekt „E-Aix“ wurde ein Batteriewechselsystem für Elektroroller von der STAWAG getestet. Bei „Primove“ geht es um die Weiterentwicklung und Erprobung des induktiven Ladesystems von Bombardier. Technische Anforderungen an Ladeinfrastrukturen werden in den Projekten „Eversafe“ und „Urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr“ untersucht. „Eversafe – Everyday Safety for Electric Vehicles“ ist ein Projekt für europäische Zusammenarbeit im Rahmen der Modellregionen, das verschiedene Sicherheitsanforderungen von Elektromobilität untersucht, u. a. die von Ladeinfrastrukturen. Neben dem schwedischen OEM Volvo sind mehrere deutsche und schwedische Wissenschaftsinstitute beteiligt sowie das BASt. Die Partner des Projekts „Urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr“ untersuchen u. a. technische Anforderungen an Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur für den Einsatz von Elektrofahrzeugen im innerstädtischen Lieferverkehr. Im Projekt „E-Plan München“ verfolgt die Stadt München das Ziel ein Ladeinfrastrukturkonzept zu entwickeln, das eine intelligente, modellbasierte Planung und Umsetzung der Ladeinfrastruktur ermöglicht und entsprechende Planungsprozesse so gestaltet und aufbereitet, dass Standardprozesse entstehen (vgl. ebda.).

Je länger die Markteinführung von Elektrofahrzeugen und neuen Mobilitätsangeboten zurückliegt und die Erprobung voranschreitet, desto wichtiger wird die Frage nach der ökonomischen Verwertbarkeit der Innovationen. Viele Projekte haben neben der Erprobung zum Ziel Geschäftsmodelle zu entwickeln, mit denen sich Elektromobilität auch ohne Förderungen am Markt behaupten kann. Auch politisch ist dieses Ziel gewünscht, da Förderungen und Subventionen keine dauerhaften Lösungen darstellen und langfristig neue Produkte und Dienstleistungen wirtschaftlich tragbar sein müssen. So wurden bspw. im Projekt „colognE-Mobil“ die Zahlungsbereitschaft und Akzeptanz der Kunden untersucht, um einen Systemansatz für Elektromobilität zu entwickeln (vgl. ebda.).

In einer Reihe von Projekten geht es um Geschäfts- und Betriebsmodelle für elektrische Flotten von Unternehmen, z. B. in den Projekten „E-Carflex Business“, „Urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr“ und „Elektroflotten in der Erprobung“ (vgl. ebda.). „E-Carflex Business“ wird vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie wissenschaftlich begleitet. Ziel ist die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Modells und die Akzeptanz von Elektromobilität in den beteiligten Unternehmen. Um die Auslastung zu erhöhen, werden die Fahrzeuge nach und nach für Mitarbeiter, Kunden und ÖV-Nutzer im Carsharing zugänglich gemacht (vgl. Stadtwerke Düsseldorf 2014). Im Projekt „Urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr“ untersucht das Fraunhofer IAO unter welchen Bedingungen der Einsatz von Elektrofahrzeugen im Lieferverkehr wirtschaftlich attraktiv ist (vgl. Fraunhofer IAO 2015c). Bei „Elektroflotten in der Erprobung“ kooperieren das Institut für Verkehrs-

technik des DLR und der Lehrstuhl für Dienstleistungsmanagement der TU Braunschweig. Ziel der Begleitforschung ist die Bewertung der Rahmenbedingungen und des betrieblichen Einsatz von Elektrofahrzeugen unter ökonomischen Kriterien (vgl. Metropolregion 2015).

Eine weitere Ausrichtung ist die Untersuchung von Geschäftsmodellen für E-Carsharing und Pedelec-Verleih im Projekt „e-Mobilität vorleben“ durch die SMRG der Universität Göttingen (vgl. Landkreis Göttingen 2015). Auch im Projekt „Ruhrautoe“ wird die ökonomische Tragfähigkeit von Carsharing mit Elektroautos untersucht. Das Konsortium besteht aus vier Partnern aus der Wirtschaft, Drive-CarSharing, D+S Car Analysen, Verkehrsverbund Rhein-Ruhr und Vivawest Wohnen, sowie einem Partner aus der Wissenschaft, dem CAR-Institut der Universität Duisburg-Essen. Hinzukommen eine ganze Reihe assoziierte Partner, 23 aus der Wirtschaft, zwei aus der Politik und ein intermediärer Partner, der InnovationCity Ruhr/ Modellstadt Bottrop als Gemeinschaftsunternehmen von Wirtschaft und Politik. Die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des neuen Mobilitätssystems übernimmt D+S Car Analysen ein Spin-Off des CAR-Instituts (vgl. Drive-CarSharing 2015b).

Projekte zur Erprobung und Untersuchung von Elektrofahrzeugen beschäftigen sich oftmals mit der gesellschaftlichen Akzeptanz von Elektromobilität. Welche Anforderungen die Nutzer an Elektromobilität und neue Mobilitätskonzepte stellen und wie sich deren Verbreitung und Marktdurchdringung sowie die Attraktivität steigern lassen, sind wichtige Fragen in den Triple-Helix-Projekten. Anforderungen an Elektromobilität wurden bspw. in den Projekten „colognE-Mobil“ und „Eversafe“ untersucht. Das Projekt „Elmo“ versucht Berührungspunkte in den Unternehmen gegenüber elektrischen Fahrzeugen abzubauen. Um die Erhöhung des Marktdrucks und Steigerung der Attraktivität geht es u. a. im Projekt „E-mobil NRW“. Zur Verbreitung und Marktdurchdringung von Elektromobilität beizutragen haben bspw. die Projekte „eMap“ und „Stuttgart Service“ zum Ziel. Im Projekt „eMap“ wird die Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen und deren volkswirtschaftlichen Auswirkungen untersucht. Beteiligt sind das infas, eine Unternehmensberatung, das Institut für Fahrzeugkonzepte des DLR, ein polnisches und ein finnisches Institut sowie das BASt (vgl. Anhang G, Tab. G.1 und G.2 sowie die dort angegebenen Quellen).

Das Projekt „Stuttgart Services“ hat zum Ziel durch die Einführung multimodaler Mobilitätsangebote mit einer Mobilitätskarte und einer Informations- und Buchungsplattform die Akzeptanz und Marktdurchdringung von Elektromobilität zu steigern. In dem Projekt sind viele wichtige Akteure aus Stuttgart und Umgebung involviert: aus der Politik die Stadt Stuttgart und der Verband Region Stuttgart, aus der Wirtschaft die Baden-Württembergische Bank, Bosch, EnBW, die Stuttgarter Straßenbahnen und der Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart sowie einige assoziierte Partner, darunter verschiedene Car- und Bike-Sharinganbieter, die in der Region aktiv sind. Aus der Wissenschaft sind das Fraunhofer IAO und das Institut für Wirtschaftswissenschaften der Universität Ulm beteiligt. Besonders die Beteiligung der verschiedenen Anbieter von Mobilitätsangeboten ist wesentlich für die

erfolgreiche Einführung einer einheitlichen Mobilitätskarte. Das Schaffen von Akzeptanz durch Information und Partizipation auf einer digitalen Kommunikationsplattform ist Ziel des Projekts „Online Schaufenster Elektromobilität“, das sich die e-mobil BW als Innovationsagentur für Elektromobilität des Landes Baden-Württemberg gemeinsam mit dem Fraunhofer IAO und dem Such- und Kartenlösungsanbieter YellowMap gesetzt hat. Dabei wird u. a. ein neues Konzept zur Bürgerbeteiligung erprobt (vgl. ebda.).

Genauso wichtig wie das Thema gesellschaftliche Akzeptanz sind die Themen Stadt- und Verkehrsplanung sowie Stadtentwicklung. In mehreren Projekten werden die Auswirkungen von Elektromobilität auf Verkehrssysteme und Infrastrukturen (E-Aix, E-Plan München, EBikePendeln, eRad-schnellweg) oder auf die Stadtentwicklung (Elektromobile Stadt, EMiS, LIS, E-Plan München) untersucht. Im Projekt „Elektromobile Stadt“ steht die Integration elektromobiler Infrastrukturen in die Stadtentwicklung im Fokus der Bemühungen. Dazu werden Elektrofahrzeuge in den Stadtverwaltungen Böblingen und Sindelfingen, bei Stadtwerken, der Wirtschaftsförderung und dem Stadtmarketing eingesetzt. Außerdem wird Ladeinfrastruktur mit einheitlichen Stecker- und Kommunikationskonzepten aufgebaut. Weitere Partner sind u. a. die Siedlungswerk GmbH Wohnungs- und Städtebau, das Fraunhofer IAO und von der Universität Stuttgart das IAT sowie das Städtebau-Institut. Einige Projekte beschäftigen sich gezielt mit dem ordnungsrechtlicher Gestaltungsrahmen im Zusammenhang mit städtischem Lieferverkehr (E-City-Logistik, Elmo) oder mit der instrumentellen Integration von Elektromobilität in die kommunale Mobilität und mit der Untersuchung von Planungsprozessen und -konzepten (eMoVe) (vgl. ebda.).

Die Entwicklung neuer Mobilitätskonzepte sowie inter- und multimodaler Mobilitätsangebote ist oft ein implizites Ziel der Projekte. Entsprechende Ziele werden vor allem in der zweiten Phase der Modellregionen und in den Schaufensterprojekten zunehmend auch explizit genannt. So beschäftigen sich die Projekte „E-Carflex Business“, „emma“, „eMoVE“, „RUHRAUTOe“, „Stuttgart Services“ mit der Integration von Elektromobilität in und Gestaltung von multi- und intermodalen, regionalen Mobilitätsangeboten und -systemen. Ähnliche Ziele haben die Projekte „Ludwigsburg Intermodal (LUI) und „Rahmenbedingungen für breiten Roll-Out von Mobilitätskarten-Lösungen“.

Im Projekt LUI geht es um die Entwicklung einer intermodalen Drehscheibe am Bahnhof Ludwigsburg. Intermodale Wegeketten und Elektromobilität sollen gefördert werden und damit die Nutzung des Bahnhofs. Die Stadt Ludwigsburg arbeitet dafür mit den Stadtwerken, dem IAT und dem Städtebau-Institut der Universität Stuttgart zusammen. Assoziierte Partner sind u. a. DB Rent und DB Station & Service. Ziel des Projekts „Rahmenbedingungen für breiten Roll-Out von Mobilitätskarten-Lösungen“ ist die Entwicklung eines systematischen Ansatzes zur Verknüpfung bestehender Mobilitätsangebote. Dafür werden die institutionellen und organisatorischen Grundlagen für die Einführung einer überregionalen Mobilitätskarte vom Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastruktur-

politik der TU Berlin gemeinsam mit der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltplanung Berlin, dem Bundesverband der Verbraucherzentrale und der KCW, einem auf ÖPNV spezialisierten Beratungsunternehmen, erarbeitet (vgl. ebda.).

Mit den Projekten werden darüber hinaus weitere Ziele verfolgt, die hier nicht im Einzelnen diskutiert werden sollen. Diese sind die Einbindung von Elektromobilität in Energienetze, oftmals in Kombination mit dezentraler, regenerativer Energieerzeugung, die Entwicklung von IKT-Anwendungen wie Routenplaner, virtuelle Informations- Buchungs- und Kommunikationsplattformen, Öffentlichkeitsarbeit und eng damit verbunden Vernetzung im Sinne des Aufbaus von Communities, Verbreiterung der Partnerbasis und Organisation von Erfahrungs- und Wissensaustausch, die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Fahrzeugen und Fahrzeugkomponenten, die Integration von Elektromobilität in den Klimaschutz und städtische Klimaschutzziele sowie die Entwicklung von Planungsinstrumenten und Handlungsleitfäden für Städte und Kommunen (vgl. ebda.).

Das Thema Aus- und Weiterbildung bzw. Qualifizierung ist ein Thema, das erste in den Schaufensterprojekten größerer Beachtung findet. Unter den Triple-Helix-Projekten gibt es zwei, die sich ausschließlich mit diesem Thema befassen. In der „Schauproduktion Elektromobilität“, ein Projekt im Schaufenster Baden-Württemberg, geht es darum beschäftigte auf Veränderungen durch Elektromobilität vorzubereiten, zielgruppengerechte Qualifizierungskonzepte für Fach- und Führungskräfte zu entwickeln und berufsbegleitende Qualifizierungsansätze zu erarbeiten. Dafür konzipieren und richten die Partner einen Schaufenster mit Konzeptfahrzeug ein. Beteiligt sind die Bezirksleitung Baden-Württemberg der IG Metall, der Verband des Kraftfahrzeuggewerbes Baden-Württemberg sowie die Technischen Akademien Schwäbisch Gmünd und Esslingen. In das Projekt sind mehrere, assoziierte Partner involviert, darunter die Stadt Stuttgart, das Institut für Fahrzeugkonzepte des DLR, der TÜV Süd und das etz Elektro Technologiezentrum Stuttgart. Das zweite Projekt zum Thema Aus- und Weiterbildung ist das Projekt „Ziele – Zielgruppenorientierte Lehr und Lerninfrastruktur für die Elektromobilität“ des Schaufensters Niedersachsen. Entwickelt wird ein Aus- und Weiterbildungsangebot, das der gesamten Wertschöpfungskette entspricht und die Handlungskompetenzen sowohl im Elektro- und Kfz-Handwerk als auch im kaufmännischen Bereich erweitert. Dazu kooperieren verschiedene, regionale Handelskammern, berufsbildende Schulen, das Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik der Universität Hannover und das Niedersächsische Kultusministerium. Außerdem ist die Volkswagen Akademie im Projekt assoziierter Partner (vgl. ebda.). Elektromobilität erfordert andere Kompetenzen in verschiedenen Bereichen der Wertschöpfungskette des Automobils, so dass die Strukturen entsprechender Aus- und Weiterbildungsprogramme auf die neuen Anforderungen angepasst werden müssen.

Die Zielsetzungen eines Förderprojekts orientieren sich in der Regel an den Forschungsinteressen der beteiligten Akteure sowie an den Richtlinien der Förderprogramme. Obwohl die Fortschritts- und Ergebnisberichte von Förderprojekten normalerweise Erfolgsberichte sind, verändern sich die Ziele eines Projekts häufig mit der Zeit, werden nur teilweise oder gar nicht erreicht. Oftmals ist die Reichweite eines Ergebnisses oder einer in einem Projekt entwickelten oder erprobten Innovation geringer als gewünscht. Allerdings ist die Bewertung von Erfolg und Misserfolg oder auch der Reichweite eines Ergebnisses schwierig, da es besonders bei Innovationen keinen objektiven Maßstab gibt. So ist fraglich, ob und wann ein ökonomischer, wissenschaftlicher oder gesellschaftlicher Nutzen eines Forschungsergebnisses erkennbar wird. Besonders Kriterien wie gesellschaftliche Akzeptanz und öffentliche Wirkung können zwar stichprobenartig, aber selten repräsentativ gemessen werden, und beziehen sich dann in der Regel nur auf das nähere Umfeld, in dem ein Projekt stattgefunden hat. Im Folgenden wird dennoch versucht eine Einschätzung zu den oben diskutierten Projekten abzugeben. Das Projekt „colognE-mobil“ ist eines der wenigen Projekte, das im Rahmen der Modellregionen unter gleichem oder ähnlichem Namen „colognE-mobil II“ weitergeführt wurde. Das ein Projekt in einer zweiten Förderphase mit denselben Partnern fortgesetzt wird, kann als Beleg einer erfolgreichen Zusammenarbeit gedeutet werden. Darüber hinaus wurde das zunächst kleine Konsortium von vier Partnern auf dreizehn aktive und drei assoziierte Partner erweitert. Hinzu kamen Partner aus der Wirtschaft und Wissenschaft, so dass neue Erprobungsräume geschaffen und die wissenschaftliche Begleitung breiter gefächert wurde. In der zweiten Phase sind Verkehrsbetriebe, der Flughafen Köln-Bonn und der Carsharinganbieter DB FuhrparkService vertreten sowie neben einem Lehrstuhl für Mechatronik, ein Städtebau- und zwei wirtschaftswissenschaftliche Lehrstühle. Die im Rahmen des Projekts angeschaffte Fahrzeugflotte wurde auf 55 erweitert. Von den 25 in der ersten Projektphase angeschafften Fahrzeugen werden 15 in der zweiten Phase weitergenutzt. Ein Ziel der ersten Projektphase war die Aufskalierung der Flottenversuche mithilfe von Verkehrs- und Fahrsimulationen. Diese Ergebnisse konnten offensichtlich für die Erweiterung der Flotte in der zweiten Phase genutzt werden. Eine gewisse Strahlkraft sowohl bei der Öffentlichkeitswirksamkeit als auch beim gewinnen neuer Partner hatte sicher die Beteiligung der Ford Werke als regional ansässiger OEM. Für ein neues Ziel, die Einbindung dezentraler, regenerativer Energieerzeugung wurde die Energiebau Solarstromsysteme GmbH ins Konsortium geholt. Die Stadt Köln ist in der zweiten Phase nur noch assoziierter Partner. In öffentlichen Einrichtungen der Stadt werden aber weiterhin Elektrofahrzeuge eingesetzt. Außerdem unterstützt die Stadt bei organisatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen (vgl. RheinEnergie AG 2015; BMVBS 2011b).

Ein anderes Projekt, das namentlich in beiden Förderphasen der Modellregionen sowie im Schaufenster Niedersachsen auftaucht, ist „Primove“. „Primove“ ist der Markenname einer Technologie für induktive Energieübertragung von Bombardier, das an allen Projekten maßgeblich beteiligt ist. Im

Rahmen der Modellregionen wurde die Primove-Technologie zunächst bei der Augsburger Straßenbahn getestet. Einziger, weiterer Partner in diesem Projekt war die Stadtwerke Augsburg Verkehrs GmbH. In der zweiten Förderphase der Modellregionen ist „Primove Mannheim“ ebenfalls eines der übergeordneten Technologieprojekte. Neben den RNV, sind nun auch die Carrosserie Hess AG, zuständig für die Umrüstung der in Mannheim eingesetzten Elektrolinienbusse, die Stadt Mannheim, wichtig für die Genehmigung der neuartigen Ladetechnologie im öffentlichen Raum, und das Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST) des KIT. In Mannheim werden zwei Elektrobusse mit der Primove-Technologie mit Linienverkehr mit induktiven Ladepunkten an den beiden Endhaltestellen und fünf Haltestellen eingesetzt. Allerdings verzögerte sich der Projektstart um gut ein Jahr und startete nicht, wie geplant, in 2014 sondern im Juni 2015. Zusätzlich zu den Elektrobussen können an den Ladepunkten auch andere Fahrzeuge, die mit der Primove-Technologie ausgestattet sind, laden. Getestet wird ein Servicefahrzeug der RNV (vgl. Stadt Mannheim 2015a, b). Ein inhaltlich ähnliches Projekt ist „Emil – Elektromobilität mittels induktiver Ladetechnik“, das zunächst im Rahmen der Modellregionen in der zweiten Phase als überregionales Projekt gefördert und anschließend im Schaufenster Niedersachsen als assoziiertes Projekt weitergeführt wurde. In Braunschweig arbeitet Bombardier mit der Braunschweiger Verkehrs-AG, der BS|ENERGY Braunschweiger Versorgungs-AG und drei Instituten der TU Braunschweig zusammen. Einen aktiven, politischen Partner gibt es hier nicht (vgl. Metropolregion 2015). Bombardier ist mit seinen Technologieprojekten somit fester Bestandteil der Förderungen und sucht sich vor Ort die notwendigen, lokalen Partner: Verkehrsbetriebe, Stadtverwaltung oder Energieversorgungsunternehmen sowie etablierte, wissenschaftliche Partner.

Ein weiteres, übergeordnetes Technologieprojekt mit einem großen Konsortium aus neun aktiven Wirtschaftspartnern und sieben assoziierten Partnern, vier wissenschaftlichen Instituten und drei politischen Partnern ist das Projekt „CROME“, das in der ersten Phase der Modellregionen für Elektromobilität gefördert wurde. Eine Besonderheit ist die internationale Zusammenarbeit deutscher und französischer Partner. Die Bedeutung solcher Kooperationen wurde in der zweiten Förderphase noch stärker berücksichtigt. Da Mobilität in Europa nicht an den Landesgrenzen endet und besonders in Grenzregionen viele, auch tägliche Pendelfahrten zwischen Ländern stattfinden, ist es wichtig Elektromobilität nicht als landesspezifisches, nationales System aufzubauen, sondern seine internationale, vor allem europäische Dimensionen zu berücksichtigen. Eine der wesentlichen Herausforderungen wurde im Projekt „CROME“ betrachtet, nämlich ein gemeinsames Konzept für interoperable Ladestationen, die das Laden von Elektroautos in Frankreich und Deutschland technisch möglich macht und auch die Abrechnung des Ladestroms in einer Art „E-Roaming“ zulässt. Unter den Nutzern waren deutsche und französische Unternehmen, lokale Akteure sowie über 150 Privatpersonen. Es wurden über 100 Elektro- und Hybridautos eingesetzt (vgl. KIT 2015b).

In der Modellregion Rhein-Ruhr gibt es neben den Projekten „colognE-Mobil I & II“ in der ersten Förderphase noch zwei und in der zweiten Förderphase noch fünf weitere Triple-Helix-Projekte. Damit ist diese Art der Zusammenarbeit in dieser Region mit Abstand am weitesten verbreitet. Immer sind an diesen Projekten, wie bei den meisten Triple-Helix-Projekten, Städte oder städtische Unternehmen beteiligt. Stadtverwaltungen nehmen eine Schlüsselposition bei der Erprobung und Verbreitung von Elektromobilität ein. In Aachen gab es sowohl in der ersten als auch in der zweiten Phase der Modellregionen jeweils ein Projekt mit Beteiligung der Stadt, der RWTH und der STAWAG. Im ersten Projekt „E-Aix“ waren außerdem sechs Partner aus der Wirtschaft, darunter DB Rent, der Batteriehersteller Hoppecke, der OEM für Elektronutzfahrzeuge EcoCraft Automotive, der allerdings 2011 Insolvenz anmelden musste, sowie zwei Forschungsgesellschaften: die FKA, eine Ausgründung der RWTH Aachen, und das InnoZ aktiv. Die RWTH Aachen war insgesamt mit sechs Instituten beteiligt: drei aus dem Bereich Elektronik/ Elektrotechnik, ein materialwissenschaftliches Institut, das Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr (ISB) und das Werkzeugmaschinenlabor (WZL). Im Projekt wurden Lithium-Ionen-Technologie, Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur erprobt und die Auswirkungen auf die Energienetze untersucht. Es gab verschiedene Erprobungsräume, von denen nur einer, nämlich die kommunale Flotte in ein Folgeprojekt überführt wurde („eMoVe“, s. u.). Das Pedelec-Verleihsystem wurde in der Zwischenzeit von DB Rent wieder eingestellt und auch das Batteriewechselkonzept für Elektroroller konnte sich nicht durchsetzen. Öffentlichkeitswirksam wurden während der zwanzigmonatigen Laufzeit zwei Ausstellungen „Erlebnisswelt Elektromobilität“ durchgeführt (vgl. eLAB 2015; STAWAG 2011).

Das Projekt „eMoVe - elektromobiler Mobilitätsverbund Aachen“ der zweiten Phase in der Modellregion Rhein-Ruhr ist kein direktes Folgeprojekt von „E-Aix“, aber es sind drei der ehemaligen Partner vertreten und auch inhaltlich knüpfen die Projekte teilweise aneinander an. Neben der STAWAG sind hier der AVV und zwei Beratungsunternehmen, EcoLibro und Probst & Consorten, aktiv. Außerdem ist von der RWTH Aachen weiterhin das ISB beteiligt. Die Stadt Aachen plant mit dem Projekt die Integration von Elektromobilität in kommunale Mobilität, wobei Planungsprozesse und -konzepte und die Verknüpfung von Elektromobilität mit dem ÖV und weiteren Mobilitätsangeboten erarbeitet werden. Bisher wurden drei von vier geplanten Mobilitätsstationen in Betrieb genommen. Die Mobilitätsstationen befinden sich an ÖV-Knotenpunkten, bieten öffentlich zugängliche Ladepunkte und Cambio bietet zur Zeit dort acht Elektroautos im Carsharing an. Die Analyse der dienstlichen Mobilität in der Stadtverwaltung ergab ein hohes Potential für Einsatz von Elektrofahrzeugen. Bisher sind fünf Elektrofahrzeuge für die städtische Flotte beschafft worden. Die FH Aachen, ebenfalls Partner im Projekt, hat den Prototypen einer Mobilitäts-App entwickelt, die Nutzern die Kombination verschiedener Verkehrsmitteln erleichtern soll. Diese wird aktuell getestet (vgl. ISB 2015).

Ein weiteres Triple-Helix-Projekt aus der ersten Förderphase der Modellregion Rhein-Ruhr ist das Projekt „E-mobil NRW“. Wesentliches Ziel des Projekts war der Aufbau von Ladeinfrastruktur in Nordrhein-Westfalen (NRW). Dafür waren an dem Projekt acht Stadtwerke beteiligt. Außerdem wurden Elektrofahrzeuge in Carsharing von Drive-CarSharing und in betrieblichen Flotten der Stadtwerke, der Lufthansa und der Stadt Düsseldorf erprobt. Der Internetauftritt des Projekts wird weiterhin aktualisiert und bietet Informationen zu Standorten von Ladesäulen, Zugang und Details zu den Ladesäulen in Düsseldorf, Emmerich, Monheim und Oelde sowie aktuelle Meldungen und News zum Thema Elektromobilität (vgl. Stadtwerke Düsseldorf 2015). Der Ergebnisbericht des Projekts spricht durchaus auch kritische Punkte an, z. B. die Schwierigkeiten bei der Suche nach öffentlich zugänglichen Standorten für Ladesäulen und die variierende Bereitschaft Elektrofahrzeuge als ernsthafte Alternative in den Fahrzeugflotten zu behandeln (vgl. BMVBS 2011b, S. 153 f.).

Vier der Projektpartner aus „E-Mobil NRW“ bilden das Konsortium des Projekts „E-Carflex Business“ in der zweiten Förderphase: Drive-CarSharing, die Stadtwerke Düsseldorf, das Wuppertal Institut und die Stadt Düsseldorf. In diesem Projekt werden verschiedene Betriebs- und Geschäftsmodelle für Elektrofahrzeuge in betrieblichen Flotten entwickelt und erprobt. Die Stadt Düsseldorf setzt aktuell zehn Elektrofahrzeuge an drei Standorten, die Stadtwerke Düsseldorf neun Fahrzeuge an zwei Standorten und Drive-CarSharing vierzehn Fahrzeuge an verschiedenen Standorten in Düsseldorf und Umgebung sowie in Emmerich ein. Langfristig soll die Auslastung der Fahrzeuge in den betrieblichen Flotten durch die Öffnung für deren Nutzung im Carsharing durch Externe erhöht werden (vgl. Stadtwerke Düsseldorf 2014).

Weitere Triple-Helix-Projekte aus der Modellregion Rhein-Ruhr sind „RUHRAUTOe“, „Elmo“ und „Metropol-E“. Bei „RUHRAUTOe“ werden ebenfalls Elektroautos im Carsharing von Drive-CarSharing eingesetzt. Derzeit sind es bis zu 45 Fahrzeuge aller Typen, vom Renault Twizy bis zum Tesla Model S, die an 27 Standorten in 13 Städten im Ruhrgebiet fürs Carsharing zur Verfügung stehen. Das Projekt endete offiziell im Februar 2014, aber die Fahrzeuge werden weiterhin im Carsharing eingesetzt. Das Projekt hat eine relativ große Ausbreitung, zeitlichen Bestand und somit eine entsprechende Breitenwirkung. Mit 26 assoziierten Partnern aus Wirtschaft und Politik sowie einer Reihe prominenter Unterstützer bekam und bekommt es viel Aufmerksamkeit. Auch die mediale Beachtung ist mit Videobeiträgen bei großen Fernsehsendern größer als bei vielen, anderen Projekten (vgl. Drive-Carsharing 2015b; NOW 2012).

Die Projekte „Elmo - Elektromobile Urbane Wirtschaftsverkehre“ und „Metropol-E“ waren stärker räumlich begrenzt auf die Stadt Dortmund. Die Stadt bzw. die Wirtschaftsförderung der Stadt waren jeweils Partner in den Projekten. Bei „elmo“ wurden zehn verschiedene Elektro-Lkw größer als 3,5 Tonnen (t) Gesamtlast zu unterschiedlichen Zwecken im urbanen Wirtschaftsverkehr eingesetzt. Die Untersuchungen beweisen die Einsetzbarkeit elektrischer Nfz im urbanen Verkehr, obwohl vor allem

bei Umbaufahrzeugen ein hoher Wartungsaufwand entsteht. Das Einsparpotential beim Kraftstoff liegt bei 50 bis 60 Prozent, bei den Wartungskosten mittelfristig ebenfalls bei 20 bis 50 Prozent. Deshalb wird der Handlungsbedarf vor allem bei den Fahrzeugen und den OEM in den Bereichen Betriebsbereitschaft, Batterien, Angebotspalette, Werkstätten und Ersatzteile gesehen. Außerdem müssen Nutzer bzw. Flottenbetreibern ihre Geschäftsmodelle anpassen, um die Auslastung zu erhöhen, und eine lokale, regenerative Energieversorgung berücksichtigen (vgl. Stütz 2014). Bei „metropol-E“ wurden elf Elektrofahrzeuge in den kommunalen Flotten der Stadt Dortmund eingesetzt. Durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen und die Berücksichtigung multimodaler Mobilitätsangebote konnten 50 von vormals 350 konventionellen Fahrzeugen eingespart werden (vgl. Expo Fortschrittmotor Klimaschutz 2015).

In der ersten Phase der Modellregionen sind außerdem die Projekte „E-City-Logistik“ aus der Modellregion Berlin/ Potsdam und „Elektromobile Stadt“ aus der Modellregion Stuttgart Triple-Helix-Kooperationen. In „E-City Logistik“ wurden die Potentiale des elektrischen, innerstädtischen Belieferungsverkehr untersucht. Die Ergebnisse sind insgesamt positiv, aber es zeigt sich, dass die Unternehmen eine recht heterogene Erwartungshaltung an Elektrofahrzeuge im Lieferverkehr je nach Anforderungen haben und einen eher geringen Informationsstand über Elektromobilität und deren Kosten besitzen (vgl. DLR 2015). Diese Ergebnisse erklärten, warum das Projekt nicht in einer ähnlichen Konstellation der Partner fortgesetzt wurde. Vielmehr wird die Erprobung von Elektromobilität im Lieferverkehr vom Institut für Verkehrsforschung des DLR mit verschiedenen Partnern in unterschiedlichen Schaufensterprojekten wieder aufgenommen: im Projekt „DisLog – Ressourceneffiziente Distributionslogistik für urbane Räume mit elektrisch angetriebenen Verteilfahrzeugen“ mit LNC Logistic Network Consultants und neuen Logistikpartnern, im Projekt „NANU! Mehrschichtbetrieb und Nachtbelieferung mit elektrischen Nutzfahrzeugen“ mit LNC und Meyer & Meyer Transport Services, und im Projekt „SMART E-USER Konzept für elektrische Stadtlogistik“ mit der Deutschen Post (vgl. eMO 2014).

Im Projekt „Elektromobile Stadt“ wurden Elektrofahrzeugen in Stadtverwaltungen, bei den Stadtwerken, der Wirtschaftsförderung bzw. dem Stadtmarketing der Städte Böblingen und Sindelfingen eingesetzt. Des Weiteren wurde Ladeinfrastruktur mit einheitlichen Stecker- und Kommunikationskonzepten aufgebaut. Die Städte Böblingen und Sindelfingen sind auch im Schaufensterprojekt „Aufbau Ladeinfrastruktur Stuttgart und Region - Flächendeckende öffentliche Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge“ aktiv. Die Ergebnisse des Projekts „Elektromobile Stadt“ sind außerdem in die Beratungsdienstleistung für Kommunen und Unternehmen „elektromobilisiert.de“ der Fraunhofer IAO eingeflossen. Dabei wird das Fraunhofer IAO weiterhin von Langmatz durch die Bereitstellung mobiler Landesäulen unterstützt (vgl. Fraunhofer IAO 2015a; BMVBS 2011b).

Auch in der zweiten Phase gab es in der Modellregion Stuttgart zwei Triple-Helix-Projekte, jeweils mit der Beteiligung von Städten. Das Ergebnis des Projekts „EMiS – Elektromobilität im Stauferland“ ist eine „Toolbox“ für Kommunen, entwickelt und erprobt in den Städten Göppingen und Schwäbisch Gmünd, die aufzeigt unter welchen Bedingungen sich eine Kommune zur „elektromobilen Stadt“ entwickeln kann. Dabei werden politische Unterstützung, eine zentrale Stelle für E-Mobilität als Kompetenzzentrum und verwaltungsinterne Koordinierungsstelle, Kompetenzaufbau in der Verwaltung sowie Akteursmanagement, d. h. das Identifizieren und Vernetzen relevanter Akteure, als wesentliche Voraussetzungen identifiziert. Wesentliche Maßnahmen sind der Aufbau öffentlicher Ladestationen, die Beschaffung und Einbindung von Elektrofahrzeugen in kommunale Flotten, Aufbau eines wohnortnahen Elektro-Carsharing sowie Öffentlichkeitsarbeit (vgl. Braun et al. 2015; Stadt Schwäbisch Gmünd 2015). Um die Verknüpfung von Elektromobilität mit dem ÖV geht es auch im Projekt „emma – e-mobil mit Anschluss/ Bodenseemobil – Vernetzte Mobilität – das dreifach vernetzte Automobil in der T-City Friedrichshafen“. Hinzu kommt die digitale Unterstützung multimodaler Mobilität durch eine Mobilitätsplattform u. a. mit Routenplaner. In und um Friedrichshafen wurde ein Elektro-Carsharing mit neun Stationen aufgebaut, ergänzt durch vier Stationen am Campus der DHBW Friedrichshafen. In drei Gemeinden mit geringer ÖPNV-Versorgung wurde das Angebot eines BürgerMobil geschaffen, einer Art Anruf-Sammeltaxi mit ehrenamtlichen Fahrern (vgl. Stadt Friedrichshafen 2015).

Ein ähnliches Projekt, das ebenfalls den Aufbau von Carsharing mit Elektroautos in einer eher ländlich geprägten Region zum Ziel hatte, war das Projekt „e-mobil Saar“. Das Saarland wurde in der zweiten Phase als zusätzliche Region in die Förderung aufgenommen. Auch nach Abschluss des Projekts im Mai 2014 stehen die Fahrzeuge weiterhin im Angebot von Flinkster sowie die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur zur Nutzung zur Verfügung. Ein Folgeprojekt gab es allerdings nicht (vgl. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr Saarland 2015).

Im Projekt „Hamburg – Wirtschaft am Strom“ in der zweiten Förderphase der Modellregion Hamburg wurde ein etwas anderer Ansatz zum Aufbau elektromobiler Flotten gewählt. Hier soll Elektromobilität im großen Stil erprobt in Unternehmen und Kommunen mit bis zu 820 Elektrofahrzeugen erprobt werden. Dafür hat sich ein prominent besetztes Konsortium mit etablierten Akteure der Automobilindustrie, wie VW, Renault und Nissan, und Automobilindustrie-nahen Dienstleistungsunternehmen, wie der Mercedes-Benz-Bank und Europcar gebildet. Zusammen mit weiteren Partnern aus der Wirtschaft, wie bspw. Vatterfall, zwei Wissenschaftspartner, der Hamburg School of Business Administration und dem Institut für Verkehrsplanung und Logistik der TU Hamburg-Harburg, sowie aus der Politik die Finanzbehörde der Stadt Hamburg. Letztere koordiniert die kommunale Flotte der Stadt. Bis Februar 2015 wurden 550 Fahrzeugen erfolgreich an Unternehmen, Behörden und Landesbetriebe vermittelt. In der ersten Phase der Modellregionen haben bereits die

hySOLUTIONS GmbH (Projektleitstelle Elektromobilität in Hamburg), die Stadt und Vattenfall im Projekt „hh=more“ den Einsatz von Elektrofahrzeugen in betrieblichen Flotten erprobt und den Aufbau von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum und auf Betriebsgeländen vorangetrieben. Das Projekt „Wirtschaft am Strom“ baut auf diesen Erfahrungen auf (vgl. hySOLUTIONS 2015; NOW 2012, S. 96 f.; BMVBS 2011b, S. 96 f.).

In der zweiten Förderphase wurden mehrere Projekte zur Förderung europäischer Zusammenarbeit mit internationalen Konsortien gestartet. Darunter die Projekte „eMAP electro-mobility – scenario based Market potential, Assessment and Policy options“ und „Eversafe - Everyday Safety for Electric Vehicles“ mit Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Das Projekt „eMap“ mit deutscher, polnischer und finnischer Beteiligung kommt zu dem Ergebnis, dass sich das Marktpotential von Elektromobilität durch die Bewältigung wahrgenommener, technischer und ökonomischer Probleme deutlich steigern lassen. Als problematisch werden vor allem die Anschaffungskosten, die technische Leistungsfähigkeit der Batterien und die Ladeinfrastruktur angesehen. Die Regulierung von CO₂-Emissionen in Europa sei der Haupttreiber des Elektromobilitätsmarktes. Weiterhin käme es durch Elektromobilität zu starken Verschiebungen zwischen verschiedenen Branchen. Bspw. werde die Kraftstoffindustrie zunehmend von der Energiewirtschaft verdrängt. Letztendlich wird eine an individuellen Bedürfnissen und regionalen Unterschieden ausgerichtete, politische Förderung eingefordert (vgl. eMAP 2015).

Das deutsch-schwedische Projekt „Eversafe“ kommt zu dem Ergebnis, dass Defekte an Elektrofahrzeugen, wie Ausfälle der Elektromotoren oder des regenerativen Bremsens, eher ein geringes Sicherheitsrisiko darstellen. Die bisherigen Erkenntnisse zeigen auch kein erhöhte Verletzungs- oder Brandgefahr bei Unfällen mit Elektroautos. Batterien würden bei Unfällen je nach Lage im Fahrzeug, Material der Schutzhülle und schwere des Unfalls zwar beschädigt, allerdings sind sie vergleichsweise stabil und überstehen auch schwere Unfälle ohne, dass Chemikalien austreten. Für Rettungskräfte und Feuerwehr wurden Standards für den Umgang mit Elektroautos erarbeitet (vgl. Eversafe 2015).

Während die Projekte der Modellregionen überwiegend abgeschlossen sind und somit Ergebnisse, die eine Bewertung ermöglichen, vorliegen, laufen die meisten Schaufensterprojekte noch. Eine Bewertung wird dadurch erschwert. Im Folgenden wird der aktuelle Stand³⁶ der Schaufensterprojekte mit Beteiligung von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik zusammengefasst, soweit entsprechende Informationen vorliegen, sowie, falls möglich, eine vorläufige Bewertung vorgenommen.

Im Schaufenster Baden-Württemberg „Living Lab BW^e mobil“ gibt es mit sieben Projekten die meisten Triple-Helix-Kooperationen. Wie auch in den Modellregionen sind Städte in den meisten dieser Projekte wichtige Partner. Außerdem ist das Fraunhofer IAO wiederum ein sehr aktiver Akteur.

³⁶ Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf den Stand im Herbst 2015.

Es ist an drei Projekten beteiligt: „Stuttgart Services“, „LIS - Ladeinfrastruktur Stuttgart und Region“ und „Urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr“. Die Stadt Stuttgart ist ebenfalls an diesen drei Projekten beteiligt. Im Rahmen des Projekts „Stuttgart Services“, das aus einem großen Konsortium mit vielen Wirtschaftspartnern besteht, wurde 2015 die Chipkarte „polygo – Mobilität und Service in der Region Stuttgart“ mit elektronischem Ticket, die für den ÖV, aber auch für das Carsharing von car2go, Flinkster und stadtmobil, das Bikesharing von Call-a-bike und an Ladestationen der EnBW genutzt werden kann. Ende 2014 wurde verschiedene, städtische Angebote in das Konzept einer intermodalen Informations- und Buchungsplattform integriert, wie z. B. Terminvereinbarungen oder das Beantragen der Umweltplakette (vgl. SSB 2015). Im Projekt „Urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr“ wurde die Ladeinfrastruktur an allen geplanten Standorten installiert. Die beteiligten Städte und Kommunen Ludwigsburg, Karlsruhe, Stuttgart, Waiblingen und Fellbach haben jeweils mehrere Elektrofahrzeuge im Einsatz (vgl. Bauer 2013, S. 8).

Ebenfalls ein Projekt mit städtischer Beteiligung ist „Ludwigsburg Intermodel (LUI) – Mobility Hub am Bahnhof Ludwigsburg“. Dort ist 2014 Carsharing mit Elektroautos von Flinkster (DB Rent) mit zusätzlichen, öffentlich zugängliche Lade- und Parkplätze am Bahnhof gestartet (vgl. Stadtverwaltung Ludwigsburg 2014). Eine interessante Ergänzung des „Mobility Hubs“ ist die yoloma-box Ludwigsburg des Fraunhofer IAO, die im Herbst 2015 als Pilot in Betrieb genommen werden soll. „yoloma“ steht für „your local market“ und ist ein erweitertes Schließfachsystem. Dort können Kunden sich Einkäufe in ein Schließfach liefern lassen und Dienstleistungen wie z. B. Reinigung und Reparaturen von Kleidung und Gegenständen, die in einer Box hinterlegt werden, in Auftrag geben. Auch das Aufladen von Batterien z. B. von Pedelects ist in der yoloma-box möglich (vgl. Fraunhofer IAO 2015b).

Die Projekte „Online Schaufenster Elektromobilität“ und „Schauwerkstatt“ dienen nicht der Erprobung von Elektromobilität, sondern der Kommunikation und Information bzw. Qualifizierung. An letzterem ist wiederum die Stadt Stuttgart mit dem Zentrum für Elektromobilität beteiligt. Dort befindet sich seit Oktober 2014 die Schauwerkstatt, die zuvor am Institute für Fahrzeugkonzepte des DLR aufgebaut war. Auf der Internetseite des Projekts werden aktuelle Termine für Veranstaltungen in der Schauwerkstatt kommuniziert (vgl. TA Schwäbisch Gmünd 2015). Das „Online Schaufenster Elektromobilität“ bietet unter „elektromobil-dabei“ verschiedenste Informationen rund um Elektromobilität. Dort gibt es neben News und weiteren Informationen u. a. eine Ladestationssuche und ein Routing-Tool, das Ladestationen entlang Route ausweist. Ein Tool zum Mitmachen ist der „Elektr-O-Mat“, der ähnlich dem „Wahl-O-Mat“ anhand verschiedener Fragen und den darauf vom Nutzer gegebenen Antworten und Priorisierungen, den „Elektromobilitätstyp“ des Nutzers bestimmt, der ausweist, welche Elektrofahrzeuge oder Mobilitätsangebote besonders zum Nutzer passt (vgl. e-mobil BW 2015).

Zu Pedelecs gibt es drei Projekte, eines im „Internationalen Schaufenster Berlin-Brandenburg“ und eines im Schaufenster Niedersachsen „Unsere Pferdestärken werden elektrisch“. Projekte zu Pedelecs wurden in der zweiten Förderphase der Modellregionen nicht mehr gefördert, da die Förderung stärker auf Elektroautos fokussiert werden sollte. In Berlin-Brandenburg wurden im Projekt „EBikePendeln - Fahrspaß mit Rückenwind: Pedelec-Korridor: Elektrofahrräder ersetzen Pendlerautos“ in der Saison 2014 Pedelecs von insgesamt 130 Mitarbeitern aus 15 teilnehmenden Testbetrieben und in der Saison 2015 von 194 Mitarbeitern aus 27 teilnehmenden Testbetrieben für den Pendelweg zur Arbeit erprobt. Den Mitarbeitern standen jeweils acht Wochen Pedelecs kostenlos zur Verfügung. Die Ergebnisse Begleitforschung des Deutschen Instituts für Urbanistik (Difu) zeigen, dass 40 Prozent der Wege in der Testzeit mit dem Pedelec zurückgelegt und die Pkw-Nutzung in dieser Zeit deutlich reduziert wurde (vgl. Difu 2015).

In Niedersachsen gibt es Projekte zur Pedelecs in Göttingen, Hannover und Goslar, an denen jeweils die entsprechenden Städte und Landkreise beteiligt sind. In Göttingen wurde im Projekt „eRad-schnellweg – Umstiege erleichtern“ ein vier Kilometer langer Radschnellweg für Pedelecs angelegt, der im Juli 2015 fertiggestellt wurde. Da das Projekt seit Anfang 2012 läuft, verweist die Dauer von zweieinhalb Jahren bis zur endgültigen Fertigstellung auf einen deutlich erhöhten Planungsaufwand hin. Im Laufe der Zeit wurden fünf Dauerzählstellen entlang der Strecke eingerichtet, die ersten im November 2013 und die letzte im Mai 2015 (vgl. Universität Göttingen/ Stadt Göttingen, Metropolregion 2015). In Hannover wurde im Rahmen des Projekts „eRad in Freizeit und Tourismus“ Anfang September das Pedelec-Verleihsystem PedsBlitz mit 52 Pedelecs an drei Stationen in Betrieb genommen. Auch hier liegt zwischen Projektstart und Betriebsstart ein längerer Zeitraum von etwas über einem Jahr. Da das Angebot bis Ende Juni 2016 kostenfrei ist, sind die Pedelecs bereits bis Ende Oktober nahezu ausgebucht (vgl. Hannover.de 2015; VCD 2015). Der Landkreis Goslar vermietet ebenfalls im Rahmen des Projekts „eRad in Freizeit und Tourismus“ E-Bikes über die Harz-Agentur, E-Motorräder über MMS Concept und informiert über öffentlich zugängliche Ladesäulen (vgl. Landkreis Goslar 2015).

Am Projekt „E-Plan München - Planung von Elektromobilität im Großraum München“ sind sowohl die OEM Audi und BMW als auch die Stadt München beteiligt. Das Projekt besteht aus drei, weitgehend inhaltlich abgegrenzten Teilprojekten, an denen unterschiedliche Akteure beteiligt sind. In Münchner Stadtteil Schwabing wurden öffentliche Ladepunkte für Anwohnerparken mit Elektroautos errichtet, an denen die fünfzehn Testfahrzeuge (Audi A1 e-tron) geladen werden können. An diesem Teilprojekt sind Audi, General Electrics und die Stadt München beteiligt. Im Teilprojekt von BMW und DriveNow werden 20 BMW ActiveE im Carsharing von DriveNow erprobt. Im dritte Teilprojekt, an dem der Taxibetreiber IsarFunk, die Stadt München, die FfE und das Klinikum München beteiligt sind, werden Elektroautos als Taxis an Taxiständen rund um die Standorte des städtischen Klinikums, an

denen Ladenstationen errichtet werden, erprobt. Zu diesem Teilvorhaben gibt es den Online-Blog „E-Taxi als Bestand des ÖPNV“ unter e-kliniktaxi.de mit aktuellen Infos zum Projekt und zum Thema Elektro-Taxi. Die Erkenntnisse aus den drei Erprobungsfeldern sowie zu den Themen Pendeln mit Elektroautos und gewerbliche Nutzung z. B. im Lieferverkehr werden gemeinsam von der Stadt und der Universität der Bundeswehr für die Erstellung eines Planungsinstruments, dem „Masterplan Elektroinfrastruktur LHM“, genutzt (vgl. IsarFunk 2015; Urbainczyk 2013). Die Stadt München, BMW und Audi waren bereits in der Modellregion München aktiv, allerdings in unterschiedlichen Projekten und mit jeweils anderen Partnern (vgl. BMVBS 2011b, S. 214 ff.).

Neben den bereits genannten zwei Projekten zu Pedelecs gibt es drei weitere Triple-Helix-Projekte in Niedersachsen. Am Projekt „e-Mobilität vorleben - Regionales eMobilitätskonzept im Übergang vom ländlichen zum städtischen Raum“ sind genauso wie am bereits besprochenen Projekt „eRadschnellwege“ die Stadt Göttingen, die SMRG der Universität Göttingen und der kommunale Energieversorger Energie aus der Mitte (EAM) beteiligt. Es werden Sharingsysteme in unterschiedlichen Gemeinden nahe Göttingen aufgebaut. Aktuell gibt es ein E-Carsharing-Projekt in Jühnde, das die Testphase verlassen und nun kostenpflichtig fortgeführt wird, sowie jeweils ein Pedelec-Verleihsystem in den Orten Freidland und Reiffenhausen sowie Dransfeld und Imbsen (vgl. Landkreis Göttingen 2015).

Im Projekt „Ziele – Zielgruppen-orientierte Lehr- und Lerninfrastruktur für die Elektromobilität“ geht es um Aus- und Weiterbildungsangebote in verschiedenen Bereichen zur Elektromobilität. Für die Ausbildung in Berufsbildenden Schulen wurde ein VW eup! als Konzeptfahrzeug bereitgestellt. Die Internetseite [„ziele-elektromobilitaet.de“](http://ziele-elektromobilitaet.de) bietet aktuelle Informationen zur Projektarbeit, zu Veranstaltungen, Pressemitteilungen und Lehrmittel. Außerdem wurde einem Content-Management-System „Didaktischer Wizard“ zur Dokumentation Didaktischer Jahrespläne entwickelt (vgl. HPi 2015).

Die Förderung von Kooperation, branchenübergreifender und interdisziplinärer Zusammenarbeit erhöht die Vielfalt der Beziehungen in den Projekten. Die Notwendigkeit heterogener Konsortien lässt sich auf den systemischen Charakter der Innovation Elektromobilität zurückführen. Dabei ist es wichtig verschiedene Aspekte auf unterschiedlichen Perspektiven zu untersuchen und bei der Erprobung zu berücksichtigen. Die betrachteten Förderprojekte, die zu unterschiedlichen Zeiten starteten, zeigen, dass die Anzahl von Kooperationen mit der Zeit zunimmt: von ca. 66 Prozent in der ersten Phase der Modellregionen bis ca. 90 Prozent bei den Schaufensterprojekten.

Eine besonders häufige Form der Zusammensetzung ist die Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Triple-Helix-Kooperationen sind dagegen seltener. Am höchsten ist der Anteil von Triple-Helix-Kooperationen in der zweiten Förderphase der Modellregionen mit knapp 40 Prozent. Er ist damit fast so hoch wie der Anteil an Wirtschaft-Wissenschaft-Kooperationen (43 Prozent). Auch

im Schaufenster Baden-Württemberg ist der Anteil an Triple-Helix-Kooperationen mit 23 Prozent vergleichsweise hoch. Projekte mit aktiver Beteiligung politischer Partner sind generell selten. Die Politik beschränkt sich in der Regel auf die Initiierung der Projekte durch Förderprogramme und deren Überwachung durch entsprechende Projektleitstellen. Dennoch ist eine aktive Rolle politischer Partner in den Projekten, vor allem auf Ebene der Stadtverwaltung, durchaus förderlich für Innovation und Erprobung von Innovationen, denn sie ermöglichen eine frühzeitige Berücksichtigung ordnungspolitischer Rahmenbedingungen und kann so notwendige Genehmigungen und Regelungen für die Erprobung beschleunigen. Die Ergebnisse der Projekte wirken direkt in die (Kommunal-)Politik zurück und machen eine gezieltere, weitere Förderung möglich. Außerdem übernehmen Städten, Kommunen und Ländern durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen in ihren Flotten eine wichtige Funktion als Multiplikatoren. Sie ermöglichen je nach Einsatzbereich einer mehr oder weniger großen Personengruppe Zugang zu neuen Fahrzeugtechnologien, erzeugen eine hohe öffentliche Wirkung und wirken markt- und akzeptanzfördernd.

Ein Großteil der Projekte beinhaltet branchenübergreifende Kooperation. Besonders häufig beteiligt sind Organisationen aus der Energiewirtschaft und der Verkehrs-, Transport- und Logistikbranche. Dieses sind neue Akteure der Innovationssysteme. Für die Energiewirtschaft sind besonders die Bereitstellung und Abrechnung von Ladestrom, überwiegend aus regenerativen Stromquellen, sowie die dafür notwendige Ladeinfrastruktur und entsprechende Technologien interessant. Sie sehen in der Elektromobilität ein neues Geschäftsfeld, das allerdings aktuell wenig Gewinn erzeugt, da die Anfangsinvestitionen hoch sind und die Einnahme durch Ladestrom gering. Außerdem ist unklar, wer zuständig für den Aufbau der Ladeinfrastruktur ist. Da die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur aktuell wenig wirtschaftlich ist, beschäftigen sich auch viele Städte und Kommunen mit dieser Thematik. Der Ausbau vor allem von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur ist eine wichtige Voraussetzung für die weitere Verbreitung der Elektromobilität, weshalb vor allem regionale Energieversorger wichtige Partner in Projekten zur Erprobung sind. Außerdem sind sie oft auch an der Erprobung von Elektrofahrzeugen beteiligt, da sie sich für viele innerstädtische Fahrten anbieten und die Anbindung ans Stromnetz auf dem eigenen Werksgelände leicht sichergestellt werden kann. In den meisten Fällen kooperieren sie in den Projekten mit Partnern aus anderen Branchen. Da sie ein gut abgrenzbares Kompetenzspektrum aufweisen, sind ihre Aufgaben in den Projekten oft eindeutig definiert. Problematisch wird es dann, wenn ein verspäteter Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur den Projektablauf insgesamt verzögert.

Die Unternehmen der Verkehrs-, Transport- und Logistikbranche sind ebenfalls wichtige Partner bei der Erprobung von Elektrofahrzeuge sowie inter- und multimodaler Mobilitätskonzepte. An vielen Projekten sind (Car)Sharinganbieter beteiligt: DB Rent und DB Fuhrpark, Drive-CarSharing, nextbike, stadtmobil, Car2go und DriveNow. Diese setzen Elektroautos und Pedelecs in ihren Sharingflotten

ein. Dabei werden Sharingsysteme nicht nur in Großstädten und Ballungszentren sondern auch im ländlichen Raum erprobt. Sharingangebote stellen einen wichtigen Marktzugang für Elektroautos dar. Kunden der Sharinganbieter können die neue Fahrzeugtechnologie risikolos erproben. So tragen die Sharingsysteme wesentlich zur Akzeptanz der neuen Technologien bei. Für die Flottenbetreiber ist, zumindest im Rahmen eines Förderprojekts, das Risiko ebenfalls relativ gering. Allerdings werden sie mit organisatorischen Problemen bei der Bereitstellung von Lademöglichkeiten, technischen Problemen an Fahrzeugen und Bedienfehlern durch Kunden konfrontiert.

Eine zweite Gruppe innerhalb der Branche sind Post-, Paket- und Transportunternehmen. Diese erproben den Einsatz von Elektrofahrzeugen meist im innerstädtischen Lieferverkehr. Elektrofahrzeuge bieten Vorteile durch geringe Emissionen und Geräuscharmheit, so dass Sondergenehmigungen z. B. für Nachtfahrten denkbar werden. Die benötigte Reichweite pro Fahrt ist gut planbar. Allerdings lohnt sich die Anschaffung nur bei tatsächlich deutlich niedrigeren Betriebs- und Wartungskosten im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen. Oft sind in entsprechenden Projekten wissenschaftliche Partner für die Entwicklung und Optimierung von Logistik- und Betreibermodellen und Städteverwaltungen für die Gestaltung ordnungsrechtlicher Rahmenbedingungen zuständig.

Eine dritte Gruppe sind Verkehrsbetriebe. Sie haben eine besondere Bedeutung bei der Konzeption multimodaler Mobilitätsangebote, die einen Umstieg auf Elektromobilität erleichtern sollen. Die Verknüpfung von Elektromobilität und ÖV spielt dabei eine wichtige Rolle. Ladeinfrastruktur und Sharingstationen werden meist in der Nähe von ÖV-Knotenpunkten errichtet. Gemeinsame Ticketing-, Chipkarten- und Routinglösungen sind für nutzerfreundliche Angebote entscheidend. Die Akteure aus dieser Branche sind neue Akteure in den Innovationssystemen der Automobilindustrie. Aus Sicht der OEM sind sie überwiegend Kunden. Kunden frühzeitig in Entwicklungsprozesse einzubinden ist besonders bei systemischen Innovationen wichtig, da ihr Erfolg nicht nur von der technischen Umsetzung sondern auch von der Nutzbarkeit durch die Kunden abhängt, die sich letztendlich gegenseitig bedingen. Die Zusammenarbeit mit ÖV-Anbieter und Carsharinganbietern ist neu für die Automobilindustrie, deren Fokus auf individueller, motorisierter Mobilität liegt und nicht auf geteilter, multimodaler Mobilität. Trotz der relativen Ferne der Geschäftsmodelle und der Konkurrenz zwischen ÖV und Individualverkehr haben die OEM zumindest im Bereich des Carsharings ein neues Geschäftsfeld und Marketinginstrument für sich entdeckt, wie die von ihnen gegründeten Unternehmen Car2go und DriveNow zeigen.

Die drittgrößte und relativ heterogene Gruppe der Beratungs- und Forschungsunternehmen setzt sich aus etablierten und neuen Akteuren innerhalb der Innovationssysteme zusammen. Sie sind zum einen regional etablierte Partner, die enge Kontakte sowohl in die Wissenschaft als auch in die Wirtschaft haben. Ein anderer Teil der neuen Partner forscht oder berät in Themenbereichen, die zuvor wenig oder keine Relevanz in der Automobilindustrie hatten, durch das Thema Elektromobilität

aber zunehmend an Bedeutung gewinnen, wie erneuerbare Energien, neue Mobilitätskonzepte, App- und andere Medienanwendungen oder Städtebau und Stadtentwicklung.

OEM und Zulieferer sind nicht mal an der Hälfte der Triple-Helix-Projekte beteiligt. Oftmals handelt es sich bei Projekten, an denen OEM beteiligt sind, um Flottentests mit Privatpersonen oder Unternehmen, bei denen bestimmte Fahrzeugmodelle erprobt werden. Zulieferer beteiligen sich an Projekten, bei denen die von ihnen entwickelten Technologien in Fahrzeuge integriert und erprobt werden. Außerdem sind OEM und Zulieferer häufig an Projekten mit großen Konsortien beteiligt, die eine hohe Öffentlichkeitswirkung haben.

Generell kann man festhalten, dass die Wirtschaftspartner in Triple-Helix-Projekten sehr heterogen sind und aus vielen, verschiedenen Branchen kommen. Sie nehmen sehr unterschiedliche Aufgaben wahr vom Entwickeln und Einbringen bestimmter Technologie, Produkte und Fahrzeuge, über die Erprobung von Fahrzeugen in ihren Flotten, bis hin zur Unterstützung durch Forschungs- und Beratungsleistungen sowie spezielle Dienstleistungen. Dabei kommt es zu einer Verschiebung des Schwerpunkts, wenn es darum geht, wer Elektromobilität erprobt und entsprechende, neue Mobilitätskonzepte konzipiert. Es sind seltener die etablierten OEM und Zulieferer der Branche und zunehmend andere Akteure aus verschiedensten Branchen. Die Automobilindustrie überlässt damit ein Stück weit die Erprobung und Einsatz ihrer neuen Produkte anderen Branchen, die dann zunehmend die Schnittstelle zum Endkunden besetzen.

Bei den wissenschaftlichen Akteuren kommt es häufiger vor, dass nur ein Partner im Konsortium vertreten ist. Wenn mehrere Partner beteiligt sind, kommen diese aber fast immer aus unterschiedlichen Disziplinen, wobei oftmals Institute aus den Wirtschaftswissenschaften, der Verkehrsforschung sowie dem Maschinenbau und der Fahrzeugtechnik in unterschiedlichen Konstellationen in einem Projekt zusammenarbeiten. In der Regel nehmen sie dabei abgrenzte, ihrer Disziplin entsprechende Aufgaben wahr. Unter ihnen sind viele, etablierte Akteure der Innovationssysteme mit engen Beziehungen zur Wirtschaft. Auch wenn die Heterogenität unter den Partnern aus der Wissenschaft weniger ausgeprägt ist, kann man auch hier von einer Öffnung der Innovationssysteme für neue Partner sprechen. Eine in den Triple-Helix-Kooperationen relativ verbreitete Variante der Zusammenarbeit ist die zwischen etablierten Partnern aus der Wissenschaft und branchenfremden Partnern aus der Wirtschaft. So wird eine Anschlussfähigkeit der Entwicklungen und Forschungsergebnisse der neuen Subsysteme an die etablierten Innovationssysteme zumindest im wissenschaftlichen Strang sichergestellt.

Auffällig ist die hohe Beteiligung von Städten und Kommunen an den Triple-Helix-Projekten, nämlich an über 70 Prozent der Projekte. Wie bereits gesagt, haben sie eine wichtige Funktion als regionale Multiplikatoren. So wird die weitere Diffusion von Elektromobilität zunehmend eine Aufgabe der Städte. Eine wichtige Aufgabe ist der Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur. Dieser wird zunehmend

zum Teil der Stadtentwicklung und Verkehrsplanung. Besonders da es bisher keine ökonomisch tragfähigen Geschäftsmodelle für Ladeinfrastruktur gibt, wird der Aufbau und Betrieb zur politischen Aufgabe. Städte und Kommunen, aber auch Landes- und Bundesbehörden können durch die Anschaffung und den Einsatz von Elektroautos in ihren betrieblichen Flotten und als Dienstwagen die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen erhöhen und die gesellschaftliche Akzeptanz steigern, in dem sie ihren Mitarbeitern die Fahrzeuge zur Verfügung stellen. Auch Sondergenehmigungen und Vergünstigungen z. B. beim Parken können akzeptanz- und marktfördernd wirken. Elektromobilität wird so zu einem Bestandteil der Stadtentwicklung sowie der städtischen und regionalen Verkehrs- und Umweltplanung. Da es sich bei den Förderprogrammen um Bundes-, in manchen Fällen auch Landes- oder EU-Programme handelt, ist es fraglich, inwieweit die in den Städten und Kommunen gewonnen Erkenntnisse zur Nutzung und Förderung von Elektromobilität in diese Programme zurückwirken. Sicherlich ist eine gewisse Wirkung aber innerhalb des politischen Systems vorhanden. Insgesamt spielen Städte und Kommunen eine wichtige Rolle in den neuen Subsystemen der Innovationssysteme und können zur Beschleunigung der Innovationsprozesse auf verschiedene Arten beitragen.

Die Erprobung in verschiedenen Kontexten und Räumen zeigt, dass für Elektromobilität Flotten ein wesentliches Einsatzgebiet darstellen, von städtischen Flotten über Sharing-Flotten bis hin zu Unternehmensflotten, vor allem im städtischen Wirtschaftsverkehr. Flottenkunden gewinnen damit für die Automobilindustrie weiter an Bedeutung und entsprechende Organisationen, die Elektromobilität erproben, sind zumindest vorübergehend in den Innovationssystemen aktiv. Geschäftsmodelle und Vertriebsstrategien, die sich an Flottenkunden ausrichten, sollten dabei verschiedenste Serviceangebote und Dienstleistungen beinhalten. Diese können bspw. Bedarfsanalysen, Aufbau und Wartung von Ladeinfrastruktur und regenerativen Energiesystemen, Flottenmanagement, Wartungs- und Serviceangebote oder auch Einbindung neuer Konzepte wie Carsharing für Mitarbeiter und Kunden oder multimodaler Mobilität umfassen. Je heterogener das Angebot desto wahrscheinlicher kann dieses nicht von einem Partner alleine bewältigt werden. Es bedarf Kooperationen und neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen unterschiedlicher Branchen, um einfache und nutzerfreundliche Angebote gewährleisten zu können. Eine frühzeitige Zusammenarbeit der Akteure während des Innovationsprozesses ist deshalb wichtig, um Innovationen in diesem Markt erfolgreich zu machen. Einerseits können die Unternehmen, die zukünftig auf der Anbieterseite stehen, durch die Kooperation mit ihren zukünftigen Kunden, deren Erwartungen deutlich besser verstehen. Andererseits können sich in Förderprojekten langfristige Allianzen für eine spätere, branchenübergreifende Zusammenarbeit bilden. Dafür müssen die Strukturen der Innovationssysteme so angepasst werden, dass die Zusammenarbeit für alle vorteilhaft ist.

Die räumliche Nähe der Partner spielt in vielen Projekten eine wichtige Rolle, da die Projektinhalte oftmals einen deutlichen, räumlichen Bezug z. B. auf einen Stadt oder eine Region haben. Die hohe Bedeutung räumlicher Nähe zeigt sich besonders bei Akteuren aus der Politik, die fast alle in den Städten oder Regionen ansässig sind, in denen ein Projekt durchgeführt wird. Auch bei den wissenschaftlichen Partnern ist räumliche Nähe wichtig. Bei über 40 Prozent ist das Institut in der Stadt und bei weiteren 36 Prozent in der Region, in der das Projekt angesiedelt ist. Bei den Akteuren der Wirtschaft ist räumliche Nähe zum Ort, an dem ein Projekt überwiegend stattfindet, weniger wichtig, aber dennoch in vielen Fällen vorhanden. In den Schaufenster-Projekten ist der Anteil orts- oder regionalansässiger Unternehmen etwas höher als in den Modellregionen. Beide Programme haben einen deutlichen, regionalen Bezug. Besonders für die Erprobung von Elektromobilität und neuen Mobilitätsangeboten bilden sich regionale Innovationssysteme aus.

Die zunehmende Beschäftigung mit Elektromobilität im Zusammenhang mit inter- und multimodalen Mobilitätskonzepten, mit Stadtentwicklung und Klimaschutzzielen, mit regenerativer, dezentraler Stromversorgung und Ladeinfrastrukturaufbau, aber auch mit IKT-Anwendungen und Dienste, welche Mobilität medial unterstützen und vereinfachen, verweist auf den systemische Charakter der Innovation Elektromobilität. Diese zieht eine Reihe von Folgeinnovationen in verschiedenen gesellschaftlichen Systemen nach sich und setzt Veränderungen der Strukturen teilweise voraus. Dieser Strukturwandel spiegelt sich wiederum in den Innovationssystemen und den neu gebildeten Subsystemen zur Erforschung und Erprobung von Elektromobilität. Die Komplexität der Systeme wird dadurch weiter gesteigert, was auch eine desintegrierende Wirkung hat. Alle Beteiligten müssen Strategien zur Reduktion von Komplexität und Reintegration der Systeme finden.

Förderprojekte führen nur in wenigen Fällen zu einer langfristigen Verstetigung von Beziehungen zwischen verschiedenen Akteuren der Innovationssysteme. Aber auch wenn sie keine festen Beziehungen zwischen den einzelnen Akteuren bewirken, bedeuten sie doch einen Strukturwandel in den beteiligten Organisationen. Dieser Wandel kann zu einer Offenheit gegenüber neuen Kooperationspartnern auch aus anderen Branchen und Disziplinen führen. Allerdings kann auch ein Abwenden von neuen Akteuren oder der Elektromobilität eine Folge sein. Letztendlich ist entscheidend, ob die Beziehung zu neuen Akteure als funktional für die jeweiligen, eigenen Ziele einer Organisation bewertet werden. Der systemische Charakter und die Komplexität der Elektromobilität implizieren allerdings, dass Organisationen einen Weg finden müssen mit neuen Akteuren zusammenzuarbeiten, zumindest an den Grenzen ihrer Produkte und Dienstleistungen, um Elektromobilität erfolgreich als Geschäfts- oder Forschungsfeld zu etablieren. Eine Anpassung an die neuen Kontexte gelingt dabei solchen Organisationen oft besser, die in den letzten Jahren neu gegründet oder als Subeinheit ausgegründet wurden oder aus Branchen stammen, die weniger geschlossene Innovationssysteme aufweisen als die Automobilindustrie.

Die Ergebnis- und Statusberichte der Projekte in den Modellregionen und Schaufenstern zeigen, dass die Projektziele zwar oftmals im Wesentlichen erreicht werden, dass die Wirkung aber oft räumlich und auch zeitlich begrenzt ist. Nicht alle Technologie und Erprobungsräume erweisen sich als praktikabel. Technologien müssen weiterentwickelt und angepasst werden oder erweisen sich als zu teuer und unökonomisch. Erprobungsräume erweisen sich zum Teil als ungeeignet für Elektromobilität, als zu voraussetzungsvoll oder erfordern Folgeinnovationen mit denen die notwendigen Rahmenbedingungen zunächst geschaffen werden müssen. Letztendlich ist der Innovationsprozess ein iterativer Prozess, bei dem sich ein Erfolg nicht vorhersagen lässt und sich unter Umständen erst nach längeren, wiederholten Erprobungs- und Entwicklungszeiträumen einstellt. Die in den Projekten angeschafften und eingesetzten Fahrzeuge bleiben in der Regel in den verschiedenen Flotten erhalten. Auch wenn einzelne Fahrzeuge dabei keine besondere Breitenwirkung erzielen, entfaltet doch die Summe der Fahrzeuge eine gewisse Wirkung im Sinne der Sichtbarkeit im Straßenraum und tragen so zur Bekanntheit der Elektromobilität bei. Ähnliches gilt für neue Mobilitätsangebote und Dienstleistungen, allerdings sind hier oft die Sichtbarkeit und damit die Öffentlichkeitswirkung eher eingeschränkt und müssen zusätzlich z. B. durch Marketingmaßnahmen hergestellt werden. Des Weiteren bleibt die Wirkung in den Planungs- und Organisationsprozessen in Unternehmen und Verwaltungen erhalten, was langfristig der Verbreitung von Elektromobilität zuträglich ist.

Mit dem technischen Kern des Automobils, seinem Antriebssystem, verändern sich die Strukturen der automobilen Wertschöpfungskette. In der elektromobilen Wertschöpfungskette gewinnen bestimmte Technologien und Komponenten an Bedeutung oder kommen neu hinzu, während andere ihre zentrale Bedeutung verlieren oder ganz entfallen. Dadurch kommt es zu Verschiebungen in den einzelnen Wertschöpfungsschritten. Dafür werden gegebenenfalls neuen Kompetenzen und Technologie benötigt, die von Organisationen bereitgestellt werden, die zuvor nicht Teil des automobilen Wertschöpfungsprozess waren. Deshalb müssen sich die Unternehmen der Automobilindustrie auf neue Partner einlassen und zum Teil ihre Geschäftsstrategien und -prozesse erheblich anpassen. So zieht der technologische Wandel einen organisatorischen und strukturellen Wandel entlang der gesamten Wertschöpfungskette nach sich.

Was für die Organisation der Wertschöpfungsprozesse gilt, gilt auch für die Organisation von Innovationsprozessen. Die Innovationssysteme der Automobilindustrie sind inhaltlich auf die Wertschöpfungskette des Automobils ausgerichtet. FuE in Wirtschaft, Wissenschaft und entsprechenden Kooperationen sowie politische Strategien zur Förderung von Innovationen beziehen sich auf bestimmte Schritte im Wertschöpfungsprozess sowie deren Voraussetzungen und Wirkungen. Mit dem Wandel hin zu einer elektromobilen Wertschöpfungskette bilden sich neue Subsysteme innerhalb der Innovationssysteme aus, die sich auf neue Technologie und Prozesse ausrichten. So

differenzieren sich die Innovationssysteme weiter aus. Die beteiligten Organisationen stehen vor der Herausforderung die zunehmende Komplexität durch Reintegration zu bewältigen.

Der Wandel im Wirtschaftssystem erreicht über die Interaktion zwischen Organisationen der Wirtschaft und Wissenschaft in den Innovationssystemen auch das Wissenschaftssystem. Gleichzeitig lösen Entwicklungen im Wissenschaftssystem wiederum Veränderungen in den Innovationssystemen und in Wirtschaft aus. Auch Veränderungen in den Aus- und Weiterbildungsstrukturen des Wissenschaftssystems haben Rückwirkungen auf die Strukturen des Wirtschaftssystems. Innerhalb des Wissenschaftssystems nimmt die Notwendigkeit interdisziplinärer Kooperation zu, denn FuE entlang der komplexen Wertschöpfungskette der Elektromobilität lassen sich nicht alleine mit den Kompetenzen und Methoden einer wissenschaftlichen Disziplin bewältigen. Um den systemischen Charakter der Innovation gerecht zu werden, ist interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich. Universitäten und andere Forschungseinrichtungen versuchen dieser Entwicklung durch neue Forschungszentren gerecht zu werden. So bilden sich neue Subsysteme aus, deren Funktion die Förderung von Interdisziplinarität und die Bündelung von Aktivitäten ist. Sie sind somit auch eine Strategie zur Reintegration.

Nicht nur innerhalb des Wissenschaftssystems bilden sich neue Beziehungen sondern auch zwischen Organisationen aus Wirtschaft und Wissenschaft, die bisher wenig oder gar nicht interagiert haben. Zwar bleiben etablierte Beziehungen oft bestehen und werden in der Regel bevorzugt, aber um neue Kompetenzen einzubinden, müssen auch neue Beziehungen aufgebaut werden. Die beteiligten Organisationen haben oft sehr unterschiedliche Referenzsysteme, sie können weder auf geteilte Codes noch auch einen gemeinsamen, fachlichen Hintergrund zurückgreifen. Entscheidend für eine Zusammenarbeit ist deshalb die gemeinsame Zielsetzung, die von allen Akteuren eine gewisse Anpassungsleistung voraussetzt.

Durch die politische Förderung von Elektromobilität in den Programmen Modellregionen und Schaufenster Elektromobilität bilden sich regionale Innovationssysteme zur Weiterentwicklung und Erprobung von Elektromobilität und dazugehörigen Technologien, Produkten, Mobilitätsangeboten und Dienstleistungen aus. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf der Förderung von Kooperationen, branchenübergreifend und interdisziplinärer, aber vor allem auch zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Durch neue Akteure aus verschiedenen gesellschaftlichen Systemen und neue inhaltliche Ausrichtungen der Innovationsaktivitäten kommt es zu einer Öffnung der Innovationssysteme, die weitere Komplexität zur Folge hat. Die Öffnung bewirkt einen Strukturwandel, der in alle beteiligten Systeme zurückwirkt.

Betrachtet man die Triple-Helix-Kooperationen in den Förderprojekten genauer, zeigt sich die starke Diversifizierung von Akteuren. Eine aktive Rolle der Politik in diesen Beziehungen nehmen vor allem Städte und Kommunen ein. Sie werden so zu Multiplikatoren für die Verbreitung von Elektro-

mobilität. Aufgrund der Regionalität der Projekte, der Vielfältigkeit der Inhalte und Ziele sowie der Akteure, vor allem der Akteure aus der Wirtschaft, wirkt die Förderung kleinteilig und die einzelnen Projektergebnisse entfalten meist nur regionale, teilweise nur temporäre Wirkung. Die Konzentration auf wenige, große Regionen in den Schaufenstern Elektromobilität ist eine Maßnahme zur stärkeren Fokussierung der Förderung, von der sich die Beteiligten eine höhere, gesellschaftliche Wirkung erhoffen und eine stärkere Vernetzung im Sinne des Wissensaustauschs zwischen den Partnern. Eine gewisse Breitenwirkung wird allerdings auch durch die Summe der Projekte erreicht, die Elektromobilität in verschiedenen Kontexten erproben und in den beteiligten Systemen einen Strukturwandel auslösen.

5. Fazit: Folgen von Elektromobilität für die Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie

Die Einführung von Elektromobilität erfolgt zu einer Zeit, in der sich die Automobilbranche schon seit längerem im Umbruch befindet. Dieser Umstand ist nicht zufällig, denn erst das Hinterfragen Jahrzehnte lang bestehender Strukturen, Technologie und Paradigmen lässt den Durchbruch radikaler Innovationen wahrscheinlicher werden. Solange die wirtschaftliche Lage stabil und die Wachstumsraten konstant sind, gibt es keinen Grund tradierte Strukturen in Frage zu stellen.

Die wirtschaftlich angespannte Lage der deutschen Automobilindustrie etwa seit Beginn des 21. Jahrhunderts hat mehrere Ursachen. Eine wichtige Rolle spielen die Zunahme globaler Konkurrenz und Verschiebungen auf den weltweiten Märkten. Während die Automobilmärkte der Industrieländer weitgehend gesättigt sind, befinden sich die Wachstumsmärkte in den Schwellenländern von allem in China und Indien. Mit der Erschließung dieser neuen Märkte wächst aber auch die weltweite Konkurrenz. Asiatische OEM spielen inzwischen eine wesentliche Rolle in der weltweiten Automobilbranche. Eine weitere Folge der Erschließung neuer Märkte sind Veränderungen in der weltweiten Verteilung der Produktionskapazitäten. Während in den Schwellenländern neue Werke aufgebaut werden, gibt es in den Industrieländern zunehmend Überkapazitäten. Die Globalisierung der Branche führt auch zur Internationalisierung der Innovationssysteme. Nationale Grenzen verlieren für diese an Relevanz, während die beteiligten Akteure internationaler werden. Ausdruck findet diese Entwicklung u. a. im Aufbau internationaler FuE-Zentren und internationalen Forschungsprogrammen.

Eine weitere Ursache liegt in den Veränderungen der Produktionsprozesse. Die Durchsetzung der Lean Production in der Automobilproduktion erfordert einerseits Reorganisationsmaßnahmen in den Unternehmen und löst andererseits Verschiebungen in den Wertschöpfungsprozessen aus. Dabei werden immer größere Wertschöpfungsumfänge an Zulieferer ausgelagert, die als Systemlieferanten die vorgelagerten Wertschöpfungsketten organisieren. Die OEM konzentrieren sich auf ihre Kernkompetenzen und die Definition von Schnittstellen. Sie reduzieren ihren Wertschöpfungsumfang im upstream-Bereich sowie in der Produktion und versuchen gleichzeitig neue Wertschöpfungspotentiale im downstream-Bereich zu erschließen. Durch die downstream-Verlagerung von Wertschöpfungsanteilen gewinnen neue Dienstleistungen und Services zunehmend an Bedeutung. Der Fokus der Innovationsaktivitäten verschiebt sich von technischen auf vorwiegend ökonomische und organisatorische Innovationen.

Konkurrenzdruck und Veränderungen in den Kundenbedürfnissen, die durch Innovationen in anderen Wirtschaft- und Gesellschaftsbereichen ausgelöst werden, haben das Produkt Automobil

verändert. Die steigende Bedeutung von Komfort-, Sicherheits-, Informations- und Entertainment-Funktionen lässt den Elektronik- und Softwareanteil wachsen. Dadurch gab es schon seit längerem deutliche Kompetenzverschiebung in der Branche, hin zu Elektrotechnik und Informatik und weg vom reinen Maschinenbauwesen. Weitere Verschiebungen entstehen in den Zuliefermärkten und in den Beziehungen der Akteure untereinander. Höhere Elektronik- und Softwareanteile führen zu kürzeren Innovationszyklen und einer Anpassung des Innovationsverhaltens, denn die entsprechenden Branchen weisen andere Innovationsmuster mit deutlich höherer Dynamik auf als die Automobilindustrie. Weitere Veränderungen sind neue Fahrzeugmodelle und -varianten, z. B. neue Karosserieformen und Antriebsarten. Diese sollen der stärkeren Individualität der Kunden entgegen kommen und Kaufanreize auf gesättigten Märkten schaffen. Mehr Modelle und Varianten bedeuten zunehmende Entwicklungs- und Produktionskosten bei geringeren Serienumfängen, die zu Strategien der Modularisierung führen.

Von vielen Strategien zur Bewältigung zurückliegender Veränderungsprozesse können Unternehmen bei der Einführung von Elektromobilität profitieren, allerdings wurden diese Strategien nicht von allen Akteuren gleichermaßen verfolgt. Beispiele sind Modularisierungsstrategien, Reorganisationsmaßnahmen, um der zunehmenden Bedeutung elektronischer Komponenten gerecht zu werden, verbunden mit einem entsprechenden Know-how-Aufbau und dem Eingehen neuer Kooperationen, Flexibilisierung von Produktionsprozessen durch Lean Production und den Aufbau von Systemlieferanten, die nun teilweise auch Elektroantriebe als Systeme liefern können, Anpassung des Innovationsverhaltens auf kürzere Innovationszyklen sowie neue Dienstleistungen und Services im downstream-Bereich.

Zu der Umbruchsituation und dadurch teilweise angespannten, finanziellen Lage in der deutschen Automobilindustrie, kam 2009 die Finanz- und Wirtschaftskrise hinzu, von der die Branche insgesamt stark betroffen war. In der Krise zeigten sich deutlich die Defizite wie Überkapazitäten, unflexible Geschäftsstrukturen und fehlendes Eigenkapital. Konsolidierungs- und Reorganisationsprozesse innerhalb der Branche wurden dadurch beschleunigt, was auch Einfluss auf die Innovationssysteme hatte. Teilweise wurden etablierte Systeme durch Marktverschiebungen, Fusionen, Übernahmen und Insolvenzen aufgelöst. Strategien zur Krisenbewältigung führten aber auch zu neuen Beziehungen z. B. durch Kooperationen zwischen Wettbewerbern.

Die koevolutionäre Entwicklung der Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik durch ihre Interaktionen in Innovationssystemen führen dazu, dass der Wandel in einem System Veränderungen in den anderen Systemen bewirkt. Wandel sozialer Systeme bezeichnet die Veränderung der Strukturen der Systeme, wobei die Systeme ihre Identität bewahren. Der Wandel der Systeme vollzieht sich als Evolution, was bedeutet, dass die Systeme sich selbst entwickeln, die Richtung ihrer

zukünftigen Entwicklung aber nicht vorhersagbar und nicht steuerbar ist. Dabei kann Evolution nicht mit Fortschritt gleichgesetzt werden, da sie weder kontinuierlich noch linear verläuft.

Akteure aus Wirtschaft und Wissenschaft interagieren oft in regionalen und sektoralen Innovationssystemen. Sie sind durch professionelle und personelle Verflechtungen miteinander verbunden. Die wissenschaftlichen Einrichtungen in Regionen mit ausgeprägter Automobilindustrie setzen oftmals ihre Schwerpunkte in den Ingenieurwissenschaften, der Fahrzeugtechnik, dem Maschinenbauwesen und der Automobilwirtschaft. In Deutschland sind diese besonders in den Regionen München, Stuttgart und Karlsruhe, Wolfsburg und Braunschweig sowie Leipzig und Dresden ansässig. Die Innovationssysteme sind im Bereich der Wissenschaft eher geschlossen. Es existieren verschiedene, wissenschaftliche Communities, die jeweils eigene Systeme meistens in Kooperation mit der Wirtschaft ausgebildet haben. Die Strukturen dieser verschiedenen Systeme weichen teilweise deutlich voneinander ab. Interdisziplinäre Kooperationen sind dabei eher selten.

Der dritte Strang der Innovationssysteme, die Politik, beeinflusst das Innovationsgeschehen und die Beziehungen der Akteure durch Gesetzgebung, Förderung und weitere Maßnahmen innovationspolitischer Programme. Die politischen Akteure definieren ihre Rolle in den Innovationssystemen vorwiegend als koordinierend. Auch zwischen Politik und Wirtschaft sowie zwischen Politik und Wissenschaft gibt es enge, etablierte Beziehungen und koevolutionäre Entwicklungen. Diese kommen in der regelmäßigen Abstimmung bei der Formulierung von politischen Programmen, Förderungen und Regulierungen zum Ausdruck. Die deutsche Politik ist deutlich darauf bedacht, die heimische Wirtschaft vor strenger Gesetzgebung zu schützen, wie das Beispiel CO₂-Grenzwertregulierung auf EU-Ebene zeigt. Zur Förderung von Elektromobilität wurde die NPE aus Vertreter der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik gegründet, die regelmäßig Empfehlungen zu politischen Maßnahmen abgibt.

Die Politik kann Anreize setzt in Innovationen zu investieren. Dies sind in der Regel monetäre Anreize durch Förderungen oder auch durch entsprechende Gesetzgebung, die Innovationen finanziell begünstigt oder veraltete Technologien finanziell belastet. Zur Förderung von Elektromobilität wurden mehrere Förderprogramme verschiedener Ministerien auf Bundes- und Landesebene gestartet, die allerdings im internationalen Vergleich eher mit geringen Fördersummen hinterlegt sind. In einigen Bundesländern wurden für die Koordination der Aktivitäten spezielle Agenturen gegründet. In den „Modellregionen für Elektromobilität“ werden die Bildung regionaler Innovationssysteme sowie die branchenübergreifende Kooperation regionaler Akteure gefördert. Während die Förderung in den Modellregionen eher dezentral stattfindet, wurde diese in den „Schaufenstern für Elektromobilität“ stärker zentralisiert. Durch die stärkere Zentralisierung soll ein besserer Wissensaustausch realisiert werden.

Das politische System kann den Wandel von Innovationssystemen durch Kontextsteuerung, d. h. durch die Schaffung von innovationsfördernden Rahmenbedingungen, die eine Abstimmung der Systeme begünstigt, beeinflussen. Innovationssysteme können allerdings nicht von der Politik, genauso wenig wie von einem anderen, beteiligten System, direkt gesteuert werden. Das politische System kann nur initiiierend oder regulierend in die Innovationsprozesse eingreifen, wie diese Impulse aber in den Strukturen der Systeme aufgenommen und verarbeitet werden, kann es nicht beeinflussen. Die Richtung dieser Entwicklung ist nicht vorhersagbar.

Die zunehmende Bedeutung der Elektromobilität und anderer, alternativer Antriebssysteme sowie die Unsicherheit über deren zukünftige Marktentwicklung, sind Gründe dafür, dass verschiedene, technologische Varianten der Effizienzsteigerung und Elektrifizierung parallel verfolgt werden. Diese parallelen Innovationspfade führen zu einer thematischen Ausdifferenzierung der Innovationssysteme im Bereich Antriebssysteme. Dabei haben die deutschen OEM das Thema Elektromobilität vergleichsweise spät und zunächst wenig konsequent aufgegriffen. Grund dafür ist die relative Geschlossenheit der Innovationssysteme, die weder neue Innovationspfade noch die Beteiligung neuer Akteure wahrscheinlich macht. Ursache für die Schließung war die jahrzehntelange, starke technologische, professionelle und ökonomische Fokussierung auf den Verbrennungsmotor. Die Innovation Elektromobilität wurde von außen in die Innovationssysteme hereingetragen, in denen die Akteure erst dann reagierten, als der Innovationsdruck bereits relativ hoch war.

Bei der Entwicklung von Elektroautos verwenden die deutschen OEM mit Ausnahme von BMW das Prinzip des Conversion Design, wobei ein elektrischer Antrieb in ein bestehendes Fahrzeugkonzept integriert wird. Dieses Vorgehen führt zu weniger radikalen Innovationen als nach dem Purpose Design neu entwickelte Elektrofahrzeuge, die deutlich mehr Abweichungen von der etablierten Fahrzeugtechnologie und -architektur erlauben und den Eigenschaften der Elektrofahrzeuge besser entgegen kommen. Der Vorteil des Convention Designs liegt für die OEM in der Möglichkeit elektrische Antriebe in ihre Modularisierungsstrategien zu integrieren. Der elektrische Antrieb wird zu einem Modul, das wie andere Module (z. B. andere Antriebssysteme, Karosserieformen) in bestehende Systeme integriert werden kann.

Sollte sich Elektromobilität dauerhaft durchsetzen, führt sie zu einer radikalen Systeminnovation, die alle beteiligten Gesellschaftssysteme betrifft. Der Wandel zur Elektromobilität vollzieht sich allerdings nicht als plötzlicher Einschnitt, sondern bedeutet einen graduellen Transformationsprozess. Dauer, Verlauf und Richtung dieses Prozesses hängt von einer Vielzahl von Variablen ab, so dass diese nicht vorhersagbar sind. Innovation beschreibt einen Prozess, der die Erfindung, Anwendung und Verbreitung einer Neuheit umfasst. Innovationsprozesse können immer nur rückblickend, nachdem eine gewisse Verbreitung stattgefunden hat, als erfolgreich bewertet werden. Viele als

Innovationen bezeichnete Neuheiten scheitern aufgrund mangelnder Verbreitung, so dass sie nicht als Innovationen im weiteren Sinne definiert werden können. Die Bewertung einer Innovation als mehr oder weniger erfolgreich wird außerdem dadurch erschwert, dass zwischen Erfindung, Anwendung und Verbreitung lange Zeiträume liegen können. Die Innovation Elektromobilität besteht nicht in der Erfindung elektrischer Antriebe und deren Anwendung in Fahrzeuge, die schon über ein Jahrhundert zurückliegt, sondern in der zunehmenden Verbreitung von Elektrofahrzeugen und den dadurch entstehenden, neuen Mobilitätsformen. Eine Beurteilung, ab wann von einer erfolgreichen Diffusion gesprochen werden kann, ist nur schwerlich möglich und kann höchstens an bestimmten Schwellenwerten, z. B. ab einem Anteil von x Prozent an den Neuzulassungen, festgemacht werden. Die Festlegung eines entsprechenden Schwellenwerts ist letztendlich eine Frage der Definition. Eindeutig kann allerdings derzeit bereits festgestellt werden, dass die Einführung von Elektromobilität in den letzten Jahren einen Strukturwandel in den Innovationssystemen ausgelöst hat.

Die Elektromobilität befindet sich in einer frühen Phase ihrer Diffusion. Noch ist nicht entschieden, wie groß ihre Reichweite tatsächlich sein wird. Die Innovativität in diesem Bereich ist relativ hoch und es bleibt offen, welche Innovationen sich durchsetzen und welche nicht. Die kommenden Jahre werden zeigen, ob Elektromobilität in eine Phase des Wachstums eintritt oder die Entwicklung stagniert. Im Gegensatz dazu befindet sich die Verbrennungsmotorentechnologie in einer späten Reifephase gekennzeichnet durch wenige Innovationen, die der Optimierung der Technologie und entsprechenden Produktionsprozessen dienen. Für die Akteure der Automobilindustrie bedeutet dies einerseits, dass sie den Markt mit ausgereiften und zuverlässigen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor vermutlich noch lange und zukünftig mit noch geringeren Produktionskosten bedienen können, andererseits könnte Elektromobilität der Branche einen neuen Wachstumsschub bescheren. Sollte sich Elektromobilität langfristig durchsetzen, ist damit nicht nur ein Wandel der Produkte und Märkte sondern auch der technologischen Paradigmen der Branche verbunden. Wahrscheinlich ist ein Szenario, in dem mehrere Paradigmen für längere Zeit nebeneinander bestehen, was zu einer deutlichen Ausdifferenzierung der Innovationssysteme führt. Die beteiligten Organisationen müssen dann Strategien zur Bewältigung der resultierenden Komplexität entwickeln.

Der Strukturwandel in den Innovationssystemen der Automobilindustrie entsteht vor allem durch die Öffnung der Systeme für neue Akteure aus anderen Branchen und Disziplinen, deren Kompetenzen, Produkte und Dienstleistung durch Elektromobilität zunehmende Bedeutung für die Wertschöpfungsprozesse der Automobilindustrie haben. Diese verfügt nicht selbst über das entsprechende Know-how und kann es auch nicht kurzfristig innerhalb der eigenen Organisation aufbauen. Ähnliches gilt für Akteure der Wissenschaft. Auch die wissenschaftliche Forschung zur Elektromobilität macht die Einbindung anderer Disziplinen, je nach Komplexität eines Gegenstands interdisziplinäre Forschung notwendig. Hinzu kommt die Aufgabe neue Erkenntnisse zur Elektro-

mobilität in Aus- und Weiterbildungsprogramme aufzunehmen und für entsprechend qualifiziertes Personal zu sorgen. In der Politik entstehen neue, politische Programme zur Identifizierung der Herausforderungen und Förderung der Elektromobilität. Politische Akteure sind zum Teil auch aktive Partner in Projekten und bei Maßnahmen zur Einführung, Erprobung und Verbreitung von Elektromobilität. So entstehen neue Kooperationen und Beziehungen zwischen den Akteuren innerhalb der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sowie zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.

Neue Beziehungen zwischen den Akteuren führen zur Ausdifferenzierung der Systeme. Neben den etablierten entstehen neue Systeme, die andere Strukturen ausprägen. Systembildung ist immer funktional, d. h. die neuen Systeme erbringen Leistungen, die nicht von den etablierten Systemen geleistet werden können. Die einzelnen Teilsysteme sind auf die gegenseitige Leistungserbringung angewiesen. Durch die Interaktion etablierter und neuer Akteure verändern sich auch die Strukturen der etablierten Systeme. Die Entwicklung etablierter Systeme weist eine Pfadabhängigkeit auf, die zu technologischen Trajekten bis hin zu Lock-in-Effekten führen, bei denen bestimmte Innovationen ausgeschlossen werden, die nicht dem tradierten Entwicklungspfad folgen. Dies gilt auch für solche Systeme, die aus den Interaktionen von Akteuren verschiedener Funktionssysteme entstanden sind, da sich diese koevolutionär entwickeln. Die neu gebildeten Systeme sind dagegen oftmals dynamischer und die von ihnen hervorgebrachten Innovationen radikaler. Durch die Interaktion von Akteure, die keine oder wenige Beziehungen aufwiesen, treffen unterschiedliche Strukturen aufeinander, die sich bspw. in unterschiedlichen Zielsetzungen, Vorgehensweisen und Erwartungshaltungen ausdrücken. Die Systeme stellen die Strukturen und Strukturlogiken der anderen Systeme in Frage. Durch Aushandlungsprozesse kommt es zur gegenseitigen Anpassung der Strukturen, sofern die Widerstände der jeweiligen Akteure überwunden werden können. Der Strukturwandel in den Innovationssystemen wirkt immer auch in die beteiligten Organisationen und Funktionssysteme zurück. Nicht nur die Ausbildung neuer Strukturen sondern auch Verfestigung von Widerständen ist letztendlich eine Form von Strukturwandel.

Nach dem Triple-Helix-Modell sind Beziehungen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik besonders dynamisch, da die unterschiedlichen Systeme mit verschiedenen Referenzsystemen operieren. In Interaktionen werden die Strukturen der anderen Systeme, aber auch die eigenen Strukturen hinterfragt. So werden Lock-in-Effekte überwunden. Diese besondere Dynamik weisen auch Kooperationen zwischen Branchen, Disziplinen sowie Politikbereichen und -ebenen auf. Oftmals sind sich die Strukturen von Organisationen der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, die sich mit demselben Gegenstand beschäftigen ähnlicher als Organisationen innerhalb eines Systems, denn sie bilden sektorale Innovationssysteme, in denen sich die beteiligten Akteure koevolutionär entwickeln. Sie greifen auf denselben, disziplinären Kontext zurück, verfügen damit über ähnliche Erwartungen, Zielvorstellungen und bevorzugen bestimmte Vorgehensweisen. Ihre Interaktionen und

Kooperationen sind stabil, weil sie für die beteiligten Organisationen funktional sind. Durch die Fokussierung auf denselben Gegenstand, der bspw. in einer Kooperation erforscht und die Erkenntnisse wirtschaftlich verwertet werden können, entsteht ein Nutzen für die beteiligten Organisationen aus Wissenschaft und Wirtschaft, ohne dass diese ihre je spezifische Identität aufgeben müssen. Organisationen unterschiedlicher Branchen und Disziplinen nutzen zwar dieselben Referenzsysteme und Codes, aber durch ihre Beschäftigung mit unterschiedlichen Gegenständen erscheint der Nutzen einer Interaktion, deren Ziele gemeinsame Wissensproduktion bzw. -verwertung ist, zunächst geringer. Dies ändert sich erst dann, wenn eine Branche oder Disziplin auf die Kompetenzen und Wissensbestände der anderen zur weiteren Wissensproduktion oder -verwertung angewiesen ist. Dabei erfordert die branchenübergreifende und interdisziplinäre Kooperation eine gewisse Anpassungsfähigkeit der Akteure, die ihre Erwartungen, Ziele und Vorgehensweisen aufeinander abstimmen müssen. Nicht selten scheitern Kooperationen von Organisationen eines Funktionssystems trotz gemeinsamer Codes an den unterschiedlichen, spezifischen Strukturen der Akteure.

Folgen der Ausdifferenzierung und Ausbildung neuer Systeme sind zunehmende Komplexität der Innovationssysteme und eine Beschleunigung der Innovationsprozesse. Im Folgenden werden deshalb diese zentralen Folgen des Strukturwandels in der Automobilindustrie zusammenfassend dargestellt und die Strategien zur Reintegration bzw. Bewältigung von Beschleunigung diskutiert (Kapitel 5.1 und 5.2). Die Arbeit schließt mit Empfehlungen zum Umgang mit dem Strukturwandel in den verschiedenen Systemen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sowie innerhalb der Innovationssysteme (5.3).

5.1 Zunehmende Komplexität der Innovationssysteme und Strategien zur Reintegration

Zunehmende Komplexität wird durch neue Akteure und Beziehungen innerhalb der Innovationssysteme ausgelöst, die zur Bildung von Subsystemen und damit zur Ausdifferenzierung führen. Die Öffnung der Innovationssysteme für neue Akteure beruht wiederum auf Verschiebungen in der Wertschöpfungskette der Automobilproduktion. Antriebssysteme mit Verbrennungsmotor bilden derzeit deren technischen Kern. Die Veränderungen durch Elektromobilität betreffen zunächst diesen technischen Kern, so dass eine Verschiebung der Kernkompetenzen in der Branche stattfindet. OEM und Zulieferer, die ihre Geschäftsmodelle auf diese Kernkompetenzen aufbauen, müssen sich an die

Veränderungen anpassen, indem sie neue Kompetenzen aufbauen oder ihre Geschäftsstrategie auf andere Bereiche der Wertschöpfungskette verlagern.

Die meisten OEM und viele Zulieferer reagierten zunächst zögerlich auf diese Veränderungen. Widerstände gegen Veränderungen sind zum einen dann besonders wahrscheinlich, wenn diese das Kerngeschäft eines Unternehmens und die Kernkompetenzen des Personals betreffen. Zum anderen herrscht eine große Unsicherheit darüber, welche Bedeutung Elektromobilität in Zukunft haben wird, so dass Investitionen in die neue Technologie riskant erscheinen. Die deutsche Automobilindustrie zeichnet sich bisher durch einen produktkonservativen, inkrementellen Innovationsstil aus. Je länger die etablierten Akteure zögern und nicht auf den Wandel reagieren, desto größer sind die entstehenden Marktlücken, die von weniger zögerlichen Organisationen, Start-ups oder branchenfremde Unternehmen genutzt werden. In Deutschland wurde der Markt für Elektroautos in den ersten Jahren des Hypes überwiegend von ausländischen OEM, kleinen, spezialisierten OEM, Start-ups und Umrüstern bedient. Diese vorübergehende Marktverschiebung hat sich zwar mit dem Markteintritt der großen, deutschen OEM mit eigenen Elektroautos verlangsamt und Marktlücken haben sich wieder geschlossen, dennoch haben die Veränderungen zu einer Diversifizierung des Marktes beigetragen.

Die Elektromobilität ist weniger produktzentriert als die Automobilität, die das Auto als wichtigstes Verkehrsmittel in den Mittelpunkt stellt. Die meisten Konzepte der Elektromobilität verstehen dagegen das Elektroauto, wie andere Elektrofahrzeuge, als Teil einer inter- und multimodalen, nachhaltigen Mobilität, die auf regenerativen Energien beruht. Diese Perspektive gewinnt zunehmende Berücksichtigung in Forschung, Entwicklung und Erprobung von Elektromobilität. Projekte, die sich ausschließlich mit Fahrzeug- und Technologieentwicklung beschäftigen werden seltener und konzentrieren sich zunehmend auf als kritisch angesehene Technologien, wie z. B. Lithium-Ionen-Batterien. Stattdessen nehmen Erprobungskonzepte zu, die verschiedene Mobilitätskonzepte und neue Mobilitätsangebote sowie die Einbindung dezentraler, regenerativer Energieerzeugung berücksichtigen. Informationssysteme und IKT-Anwendungen versuchen die Intermodalität und Multi-optionalität neuer Angebote für Nutzer durch technische Unterstützung zu vereinfachen und Entscheidungen zur Verkehrsmittelwahl je nach Strecke, Routenplanung und Ticketing zu erleichtern. Innovationen im Bereich der Elektromobilität entwickeln sich in zirkulären Prozessen. Dabei können Ursachen, Treiber, Voraussetzungen und Folgen von Innovationen nicht immer klar voneinander abgegrenzt werden. Ein Beispiel sind die komplementären Innovationen im Bereich der Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur. Dabei werden parallel zu verschiedenen Fahrzeugen verschiedenen Ladelösungen entwickelt, die von Wallboxen für die heimische Garage über integrierte Ladesäulen in Straßenlaternen bis hin zu Schnellladesäulen und induktiven Ladensystemen reichen. An der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Ladesäule wurden verschiedene Steckerlösungen entwickelt, die in

einem europäischen und internationalen Standardisierungsprozess mündeten. Folgeinnovationen sind verschiedene Abrechnungs- und Authentifizierungssysteme an den Ladesäulen und Fahrzeugen, die nun wiederum auf ihre Interoperabilität getestet werden. Ohne die Weiterentwicklung einer von einzelnen OEM unabhängigen Ladeinfrastruktur, bleiben Ladelösungen fahrzeuggebunden und wirken einer Diffusion von Elektromobilität entgegen.

Auch bei der Erprobung inter- und multimodaler Mobilitätskonzepte und -angebote muss die Komplexität technischer und sozialer Voraussetzungen und Auswirkungen berücksichtigt werden. Z. B. bedarf es neuer Informations- und Abrechnungsdienste um die Angebote nutzbar zu machen. Die gesellschaftliche Akzeptanz neuer Konzepte ist eine wesentliche Voraussetzung für deren Nutzung. Weder teure noch komplizierte, neue Mobilitätsangebote werden sich gegen die weit verbreitete und gut erprobte Variante des privaten Pkw-Besitzes durchsetzen. Inter- und multimodale Mobilität setzt einen einfachen Übergang zwischen verschiedenen Verkehrsträger voraus. Um diesen zu erreichen müssen entsprechende, organisatorische Voraussetzungen geschaffen werden, welche die dafür erforderlichen, unternehmens- und branchenübergreifenden Kooperationen ermöglichen. Weitere Voraussetzungen und Auswirkungen bestehen in den vorhandenen Verkehrssystemen und der vorherrschenden Verkehrspolitik. Vielfältige Anpassungen werden zur Voraussetzung einer weiteren Diffusion von Elektromobilität, die dann wiederum Auswirkungen haben wird, die in der Planung zukünftiger Verkehrssysteme berücksichtigt werden müssen.

Die vorhandene Wissensbasis in der deutschen Automobilindustrie ist nicht ausreichend, um die für die Entwicklung, Produktion, Vermarktung und Nutzung von Elektrofahrzeugen notwendigen Technologien und Produkte weiterzuentwickeln. Eine entsprechende Wissensbasis muss deshalb zunächst neu aufgebaut werden. Strategien zum Aufbau neuer Kompetenzen sind zum einen die Einstellung neuen und Qualifizierung vorhandenen Personals. Zum anderen bieten Kooperationen zwischen verschiedenen Akteuren, OEM, Zulieferern, Dienstleistern und neuen Branchenteilnehmern, eine Möglichkeit fehlende Kompetenzen zu kompensieren und gleichzeitig Risiken und Ressourcen zu teilen. Dabei sind Kooperationen im upstream-Bereich zwischen OEM und etablierten sowie neuen Zulieferern tendenziell stärker formalisiert, z. B. in Form von strategischen Allianzen und Joint Venture, als Kooperationen im downstream-Bereich zwischen etablierten und neuen Branchenteilnehmern, die häufig die Form loser Netzwerke und vorübergehender Kooperation in gemeinsamen Forschungsprojekten einnehmen.

Kooperationen im upstream-Bereich zwischen OEM und Zulieferern beziehen sich überwiegend auf elektrische Antriebssysteme und dafür benötigte Module und Komponenten sowie Batteriesysteme und Leistungselektronik. Die OEM können elektrische Antriebe nicht ohne weiteres eigenständig und in Serie produzieren. Sie sehen diesen Bereich im Gegensatz zum Verbrennungsmotor-basierten

Antriebssystem seltener als ihre Kernkompetenz an, und lagern die Entwicklung und Produktion in Teilen oder ganz aus. So eröffnen sich neue Geschäftsfelder für Zulieferer und branchenfremde Unternehmen, wie bspw. Herstellern von Lithium-Ionen-Batteriesystemen, als Systemlieferanten einen Teil der Wertschöpfung zu übernehmen. Zu den Zulieferern und Kooperationspartnern in diesem Bereich gehören zunehmende, internationale Unternehmen, vor allem aus dem asiatischen Raum und der Consumer-Branche. Dort sind die Kompetenzen und Kapazitäten in der chemischen und elektrischen Industrie stärker ausgeprägt.

In den downstream-Bereichen nehmen Kooperationen zwischen etablierten und neuen Branchenteilnehmern zu. Wesentliche Themen sind die Ladeinfrastruktur und Energieversorgung sowie die Vermarktung und neue Vertriebsmodelle für Elektromobilität. Hier sind vor allem Unternehmen aus der Energiewirtschaft, darunter große und kleine Energieversorger, Unternehmen, die sich auf Ladeinfrastruktur spezialisiert haben und Betreiber von Unternehmens-, Carsharing- und Mietfahrzeugflotten relevant.

So bilden sich neue, horizontale und vertikale Kooperationen innerhalb der Automobilindustrie und zwischen dieser und anderen Branchen. Vertikale Kooperationen sind Kooperation zwischen Organisationen, die ihre Wertschöpfung aus denselben Produkten ziehen, d. h. auf dem Markt Konkurrenten sind. Im upstream-Bereich der Wertschöpfungskette bilden sich solche Kooperationen, z. B. zwischen OEM oder zwischen Zulieferern, denn technologische Risiken und Investitionen werden so stärker verteilt und größere Stückzahlen in der Produktion ermöglicht, was besonders bei neuen Technologie mit zunächst hohen Unsicherheiten, Investitionskosten und geringen Marktanteilen vorteilhaft ist. Nachteile sind der Verlust von Differenzierungsmerkmalen. Deshalb beschränken sich die Kooperationen meistens auf Teile, Module und Systeme, die nicht als Teil des eigenen Markenkerns definiert werden. Kooperationen zwischen Konkurrenten sind relativ voraussetzungsreich und können durch Marktveränderungen, wie z. B. Übernahmen oder Verschiebungen von Marktanteilen leicht beeinflusst werden, so dass immer ein Risiko des Scheiterns damit verbunden ist.

Ein Beispiel einer erfolgreichen Allianz zwischen OEM ist die Partnerschaft von Daimler und Renault-Nissan. Eine Besonderheit stellen Kooperationen zwischen deutschen und chinesischen OEM dar. Deutsche OEM brauchen einen chinesischen Partner, um vor Ort produzieren zu können, so dass diese Kooperationen besonders stabil sind. OEM kooperieren untereinander überwiegend bei Teilen, Modulen und Systemen, z. B. BMW und Daimler, BMW und Toyota, Daimler und Tesla sowie VW und BYD. Nicht alle Kooperationen sind erfolgreich. Ein Joint Venture von BMW und PSA wurde nach nur einem Jahr wieder aufgelöst. Kooperationen im Bereich Teile, Module und Systeme gibt es auch unter Zulieferern, wobei diese sowohl etablierte Zulieferer als auch branchenfremde Unternehmen

und Start-ups umfassen. Beispiele sind die Kooperationen zwischen Continental und Enax, Akasol und Continental, Akasol und Siemens sowie Bosch und Getrag.

Joint Venture zwischen etablierten Zulieferern und branchenfremden Unternehmen habe ein höheres Risiko zu Scheitern. Das Joint Venture SB LiMotive von Bosch und Samsung wurde aufgelöst und von Bosch übernommen. Das Joint Venture Brose-SEW Elektromobilitäts GmbH wurde ebenfalls aufgelöst und von SEW Eurodrive übernommen. Auch ein Joint Venture von Continental und SK Innovation wurde nach zwei Jahren wieder beendet.

Außerdem gibt es neue, horizontale Beziehungen im upstream-Bereich der Wertschöpfungskette zwischen OEM und etablierten Zulieferern oder branchenfremden Unternehmen, z. B. zwischen Bosch und PSA, Bosch und Daimler (Joint Venture EM-motive), BMW und SGL Carbon (Joint Venture SGL Automotive Carbon Fibers), Daimler und Toray (Joint Venture Euro Advanced Carbon Fiber Composites), VW und Varta Microbattery (Volkswagen Varta Microbattery Forschungsgesellschaft), Siemens und Volvo, Siemens und BMW, VW und Sanyo sowie VW und Toshiba. Teilweise wurden entsprechende Beziehungen inzwischen auch wieder beendet, z. B. scheiterten zwei Joint Venture von Daimler und Evonik (Li-Tec Battery und Deutsche ACCUmotive).

Neue Branchenteilnehmer werden vor allem im Bereich der Batterietechnologie in die Zuliefernetze integriert. Diese Integration funktioniert nicht immer. Eine Reihe Kooperationen scheitert an den unterschiedlichen Strukturen und Erwartungshaltungen, welche die Partner aufweisen und die sich als nicht anpassungsfähig erweisen. Die langsame Entwicklung des Elektromobilmarktes erschwert die Kooperationen zusätzlich, für die letztlich „ein langer Atem“ gebraucht wird, den sich nicht alle Unternehmen leisten können und wollen. Wer es sich leisten kann, beteiligt sich an mehreren Kooperationen mit verschiedenen Partnern, um die Erfolgchancen zu erhöhen, wodurch die Vielfalt der Beziehungen weiter ansteigt.

Branchenübergreifende Kooperationen bergen ein hohes Risiko des Scheiterns. Während formale Kooperationen in Joint Venture für die beteiligten Unternehmen ein höheres Risiko bedeuten, können in zeitlich begrenzten Forschungsprojekten neue Arten der Zusammenarbeit relativ „gefahrlos“ erprobt werden. Handelt es sich um Förderprojekte, wird das finanzielle Risiko durch die Förderung weiter minimiert. So entstehen Anreize zur Kooperationen.

Im downstream-Bereich sind Forschungsprojekte die verbreitete Form der Zusammenarbeit. Mit dem Technologiebereich Ladeinfrastruktur, der für die Verbreitung von Elektromobilität essentiell ist und die Schnittstelle zwischen Elektrofahrzeugen und Ladestrom darstellt, werden Akteure für die Automobilindustrie relevant, die zuvor wenig bis gar keine Bedeutung in den Innovationssystemen hatten. Dies sind vor allem Unternehmen der Energiewirtschaft und Ladeinfrastrukturanbieter, wobei diese Gruppe an sich relativ heterogen ist. Sie besteht aus großen, überregionalen Energie-

versorgern, kleinen, lokal agierenden Stadtwerken und Ökostromanbietern, die der Automobilindustrie oft kritisch gegenüber eingestellt sind. Hinzu kommen große Elektronikkonzerne, die teilweise schon in anderen Bereichen als Zulieferer mit der Automobilindustrie zusammenarbeiten, branchenfremde Unternehmen und Start-ups, die mit neuen Ladelösungen auf den Markt drängen. Betreiber von Parkflächen und -häusern gewinnen ebenso eine gewisse Bedeutung, da sie über öffentlich zugängliche Parkfläche verfügen, die für das Laden von Elektroautos ausgestattet werden können.

Die neuen Formen der Mobilität, die durch Elektromobilität impliziert werden, im Sinne inter- und multimodalen Mobilität, stellen die Automobilindustrie vor die Herausforderung ihre Geschäfts- und Vertriebsmodelle anzupassen. Privatkunden, die sich Elektroautos leisten können und wollen, stellen nur eine vergleichsweise kleine Gruppe dar und sind deshalb weniger bedeutend als Zielgruppe. Wichtiger sind Flottenkunden, wie Unternehmen, Städte und Kommunen, Carsharinganbieter oder Mietflottenbetreiber. Diese werden so einerseits bedeutende Kunden der OEM, andererseits treten sie ähnlich wie die Energieversorger in Konkurrenz zu den OEM um die Schnittstelle zu den Endkunden, den Nutzern der Fahrzeuge. Auch in diesem Fall sind die verschiedenen Akteure auf Kooperationen untereinander angewiesen. Durch die Entwicklung und Erprobung innovativer Mobilitätskonzepte und Geschäftsmodelle nehmen die neuen Akteure Teil an den Innovationssystemen und sind an der Bildung neuer Systeme und Strukturen beteiligt.

Insgesamt verdichten sich die wirtschaftlichen und kooperativen Beziehungen innerhalb der Automobilindustrie und mit anderen Branchen. Andere Branchen weisen zum Teil abweichende Innovationsmuster, denen andere Paradigmen zugrunde liegen auf. In der Interaktion der Akteure kommt es zu Anpassungs- aber auch zu Abgrenzungsprozessen. Eine Vielzahl neuer Innovationssysteme bildet sich neben den bestehenden, so dass die Komplexität des Innovationsgeschehens deutlich ansteigt. Nicht alle diese neuen Systeme sind von Dauer, viele bilden sich in Rahmen zeitlich begrenzten Förderprojekte, aus denen nur vereinzelt langfristige Beziehungen hervorgehen. Dennoch wirkt die Ausprägung neuer Strukturen auf die etablierten Systeme zurück, führen dort zu einem Strukturwandel, der letztendlich nicht revidierbar ist und auf den die etablierten Systeme reagieren müssen, sei es mit Abschottung oder mit Integration der neuen Strukturen.

Die FuE zur Elektromobilität verlässt in vielen Unternehmen zunehmend den Projektstatus und führt zur Gründung neuer Geschäftsfelder. Reintegration ausdifferenzierter Geschäftsbereiche findet häufig durch Zentralisierung und Zusammenführung in entsprechenden Unternehmenseinheiten oder Ausgründungen statt, die in der Organisation oder als Teil eines Konzerns formal verankert werden. Auch Kooperationen und neue Partnerschaften werden durch feste Lieferbeziehungen oder die Gründung von Joint Venture verstetigt, sobald eine Technologie das Entwicklungsstadium verlässt

und in die Produktion überführt wird. Weiterentwicklungen finden dann oft in Kooperation der Partner statt. Eine weitere Strategie zum Umgang mit Komplexität ist die Konzentration auf bestimmte Technologien, Produkte oder Dienstleistungen innerhalb der elektromobilen Wertschöpfungskette. Die zunächst oft breit gefächerten FuE-Aktivitäten der Unternehmen beschränken sich zunehmend auf die für sie technologisch wie organisatorisch beherrschbaren Bereiche sowie auf solche, in denen erste Entwicklungserfolge erzielt werden konnten.

Nicht nur in der Wirtschaft sondern auch in der Wissenschaft gibt es eine Reihe etablierter Akteure, die sich mit FuE rund um das Automobil und die Automobilindustrie beschäftigen. Sie sind außerdem maßgeblich an der Ausbildung des Personals der Automobilindustrie beteiligt. Sie unterhalten feste Beziehungen zur Wirtschaft, die einerseits aus FuE-Kooperationen und andererseits aus personellen Verflechtungen bestehen. Wirtschaft und Wissenschaft haben sich koevolutionär im Bereich der Fahrzeugtechnik und Automobilindustrie entwickelt, so dass die FuE-Themen in Wirtschaft und Wissenschaft vorwiegend identisch sind. Mit zunehmender Bedeutung alternativer Antriebssysteme und Elektromobilität in der Wirtschaft nimmt auch die Forschung in diesem Bereich zu. Diese ist zunächst im Wesentlichen disziplinär aufgeteilt und selten interdisziplinär. Dies ändert sich nun teilweise, da sich vermehrt die Erkenntnis durchsetzt, dass Elektromobilität als systemische Innovation interdisziplinäre Zusammenarbeit voraussetzt.

So kommt es auch in der Wissenschaft zu einer Öffnung der Systeme für Akteure anderer Disziplinen. Die Erforschung und Weiterentwicklung der Elektromobilität erfordert viele wissenschaftliche Kompetenzen und Methoden, die sich nicht alleine bei den etablierten Akteuren finden, die häufig aus den Disziplinen Maschinenbauwesen und Fahrzeugtechnik kommen. Elektro- und Informationstechnik, Materialwissenschaften, Verkehrsforschung und Wirtschaftswissenschaften hatten schon immer eine gewisse Bedeutung in den sektoralen Innovationssystemen, die nun weiter steigt. Chemie und Physik, Informatik, Bauingenieurwesen und Städtebau, Sozial- und Bildungswissenschaften sind darüber hinaus zunehmend an Projekten und Kooperationen beteiligt. Dabei treten Institute neuer Disziplinen zum einen in Beziehung zur Wirtschaft. Zum anderen werden sie in die Ausbildung des Fachpersonals integriert. Außerdem gibt es zunehmend interdisziplinäre Forschungsprojekte. Darüber hinaus werden interdisziplinäre Institute, in denen die Zusammenarbeit zwischen Disziplinen eine längere Tradition hat oder die für diese Zwecke neu gegründet werden, ebenfalls zu Partnern in den Innovationssystemen.

Trotz zunehmender Bedeutung interdisziplinärer Forschung im Bereich der Elektromobilität ist diese an Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen weiterhin eher selten und findet oft zwischen solchen Disziplinen statt, die bereits in der Vergangenheit zusammengearbeitet haben, nämlich zwischen Maschinenbauwesen und Fahrzeugtechnik einerseits und Elektro- und

Informationstechnik andererseits. Beide sind Ingenieurwissenschaften und sich deshalb in ihren Denk- und Vorgehensweisen ähnlich. Dies zeigt sich auch in den Förderprojekten zur Elektromobilität. Besonders selten bleibt die Zusammenarbeit zwischen technischen und nicht-technische Disziplinen, wenn dann sind es häufig Kooperationen von Ingenieurs- und Wirtschaftswissenschaften, wobei auch die wirtschaftswissenschaftlichen Institute oft zuvor bereits Forschung im Bereich Automobilwirtschaft betrieben haben. Viele Forschungsprojekte beziehen sich auf spezifische Teile der elektromobilen Wertschöpfungskette und damit entweder auf den upstream-Bereich unter Beteiligung überwiegend technischer Disziplinen oder auf den downstream-Bereich, in dem vermehrt auch nicht-technische Disziplinen beteiligt sind. Projekte, die sich auf die gesamte Wertschöpfungskette oder Schritte im up- und downstream-Bereich beziehen sind dagegen selten. Die Konzentration der Forschung auf spezifische Themen ist eine Strategie, um Komplexität zu reduzieren. Sie birgt allerdings die Gefahr, dass der systemische Charakter der Innovation Elektromobilität in der Forschung nicht ausreichend beachtet wird. Die Öffnung der Innovationssysteme ist im Strang der Wissenschaft insgesamt weniger ausgeprägt als in der Wirtschaft.

Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft gibt es im Bereich Elektromobilität zwischen etablierten und neuen Akteuren aus beiden Systemen, dabei sind Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft häufiger als interdisziplinäre Kooperationen innerhalb der Wissenschaft. Gründe liegen u. a. in der hohen Bedeutung der Zusammenarbeit mit der Wirtschaft für die Wissenschaft, die vor allem in finanzieller Hinsicht wichtig ist. Für die Wirtschaft sind besonders in Förderkontexten wissenschaftliche Partner von Bedeutung, da eine Beteiligung eines wissenschaftlichen Akteurs oft Voraussetzung für die Förderung eines Forschungsvorhabens ist. Hier gibt es oft etablierte Beziehungen zwischen Partnern, die häufig auch auf räumlicher Nähe beruhen. Oftmals kennen sich die Partner, die in derselben Stadt oder Region ansässig sind. Diese sind häufig über professionelle Netzwerke und Vereine verbunden. Mitunter gibt es auch personelle Verknüpfungen zwischen den Organisationen, z. B. durch wissenschaftliche Beiräte oder Gastdozenten und Stiftungsprofessuren. So bilden sich technologische Innovationssysteme, die enge Beziehungen zwischen bestimmten Branchen und Disziplinen hervorbringen. Disziplinäre Grenzen sowie die Konkurrenz zwischen den Disziplinen um knappe Ressourcen der jeweiligen Organisationen sind dagegen oftmals sehr stark ausgeprägt.

Neben einer thematischen Fokussierung auf bestimmte Aspekte der Elektromobilität ist die Gründung von Forschungszentren, die Aktivitäten unterschiedlicher Disziplinen bündeln und koordinieren, eine Strategien zur Reintegration. Dabei wirkt die formale Vernetzung der Akteure innerhalb einer Organisation der desintegrierenden Wirkung zunehmender Komplexität entgegen. Die Funktion der neuen Subsysteme ist sowohl die Koordination nach innen als auch nach außen. Die

Strukturen richten sich auf den gegenseitigen Austausch von Forschungsthemen und -ergebnissen, eine Abstimmung bei Aktivitäten in der Lehre und gegebenenfalls das Anbahnen neuer Kooperationen. Solche Forschungszentren finden sich an mehreren Universitäten wie der RWTH Aachen, der TU Berlin, der TU Braunschweig und der TU München sowie außeruniversitären Einrichtungen wie der Fraunhofer Gesellschaft. Teilweise haben die Forschungszentren nur temporär bestand und sind besonders in Phasen beschleunigter Ausdifferenzierung, wenn an vielen verschiedenen Stellen innerhalb der Organisationen neue Projekte und Forschungsvorhaben entstehen, bedeutend.

An einigen wissenschaftlichen Einrichtungen wurden darüber hinaus neue, teilweise interdisziplinäre Institute gegründet und Studiengänge gestartet, die sich mit Elektromobilität beschäftigen. Beispiele sind der Lehrstuhl Production Engineering of E-Mobility Components an der RWTH Aachen, der interdisziplinäre Masterstudiengang Energieeffiziente urbane Verkehrssysteme an der TU Berlin und der Masterstudiengang Elektromobilität an der TU Braunschweig.

Die Politik hat Elektromobilität als Thema der Innovations- und Wirtschaftsförderung sowie der Verkehrs- und Umweltpolitik in ihre Programme aufgenommen. Durch Anreize zur Beschäftigung mit neuen Technologien wird die Ausdifferenzierung der Innovationssysteme vorangetrieben. Tendenzen zur Dezentralisierung von Innovationspolitik durch die Beteiligung verschiedener Ministerien auf unterschiedlichen Ebenen hatten schon in der Vergangenheit zur Ausdifferenzierung der Innovationssysteme beigetragen. Durch die Programme der Modellregionen und Schaufenster Elektromobilität, die Teil des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität sind und auf Bundesebene, teilweise auch auf Landesebene gefördert werden, haben sich neue, regionale Innovationssysteme sowie neue Beziehungen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik gebildet. Die Projekte mit Beteiligung von Organisationen aus der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik wurden in dieser Arbeit als Triple-Helix-Kooperationen bezeichnet.

Die Triple-Helix-Kooperationen zeichnen sich durch eine starke Heterogenität der Akteure vor allem aus der Wirtschaft und etwas geringerem Maß auch aus der Wissenschaft aus. Häufige Konstellationen sind die Zusammenarbeit neuer Akteure aus der Wirtschaft mit etablierten Akteuren aus der Wissenschaft und Stadtverwaltung oder Kommunen. Letztere werden zu Multiplikatoren für Elektromobilität und nehmen eine zunehmend zentrale Rolle bei deren Diffusion ein. Sie schaffen die ordnungs- und genehmigungsrechtlichen Grundlagen für den Ladeinfrastrukturausbau und die Verbreitung von Elektromobilität, machen diese zu einem Teil der Stadtentwicklung, Verkehrs- und Umweltplanung, nehmen eine aktive Rolle bei der Erprobung von Elektrofahrzeugen und neuen Mobilitätskonzepten ein und tragen so zur Bekanntheit und gesellschaftlichen Akzeptanz der Elektromobilität bei.

Trotz gesteigerter Innovativität und vermehrter Systembildung wirken die Maßnahmen und Förderprojekte oft kleinteilig und wenig effizient. Die starke, räumliche und inhaltliche Streuung lässt die einzelnen Projektergebnisse als wenig wirkungsvoll erscheinen. Hinzu kommt, dass viele Projekte langsamer voranschreiten als zunächst erwartet und Projekterfolge so längerer Zeit ausbleiben, sich unter Umständen gar nicht einstellen. Die stärkere Konzentration der Förderung auf vier Regionen in den Schaufenstern für Elektromobilität ist eine Reaktion auf die in den vorhergehenden Förderungen bemängelte Dezentralität, wenig ausgeprägte Vernetzung zwischen den Regionen und geringe Breitenwirkung der einzelnen Projekte. Auch die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure ist über die Laufzeit eines Projektes hinaus wenig stabil. Nur selten werden Projekte in ähnlichen Konstellationen fortgesetzt oder führen zu langfristigen Kooperationen. Dabei sind Dezentralität und Heterogenität nicht nur nachteilig, im Gegenteil sind sie unter der Voraussetzung einer guten Vernetzung der Akteure förderlich für die Innovativität und helfen Lock-in-Effekte zu vermeiden. Auch der teilweise ausbleibende Erfolg der Förderprojekte ist typisch für Innovationen, die zwar in den Projekten entwickelt und erprobt werden können, für deren Erfolg es aber keinerlei Garantie geben kann.

Die Bildung von Interorganisationssystemen wie Innovationssystemen bietet Organisationen die Möglichkeit mit der wachsenden Komplexität produktiv umzugehen. Kooperationen sind eine wesentliche Strategie zur Bewältigung von Komplexität. Diese Strategie führt gleichzeitig zu einer weiteren Ausdifferenzierung und damit weiter steigenden Komplexität der Gesellschaft. In der Interaktion mit anderen Organisationen können neue Strukturen gebildet werden ohne die eigenen Strukturen direkt zu verändern. Dennoch werden die bestehenden Strukturen immer auch durch die Interaktion mit anderen Systemen beeinflusst.

5.2 Beschleunigung der Innovationsprozesse und Strategien zu deren Bewältigung

Eine weitere, wesentliche Folge der Ausdifferenzierung ist die Beschleunigung von Innovationsprozessen. Die deutsche Automobilindustrie zeichnet sich durch einen produktkonservativen, inkrementellen Innovationsstil aus, was bedeutet, dass Innovationen stark pfadabhängig sind und eher kleine Veränderungen als große, technologische Umbrüche hervorbringen. Dies gilt vor allem bei Innovationen in der Antriebstechnologie, die sich Jahrzehnte lang auf die Optimierung und Weiterentwicklung von Antriebssystemen mit Verbrennungsmotoren konzentriert haben. Radikale Veränderungen wie neue Antriebstechnologien z. B. in Form von Hybrid-, Elektro- oder Brennstoffzellenantrieben wurden zwar in einzelnen Forschungsvorhaben entwickelt, aber nie als ersthafte

Konkurrenz zum Verbrennungsmotor gesehen. Eine Serienreife der Technologie wurde selten erreicht und entsprechende Fahrzeuge höchstens in geringen Stückzahlen produziert. Mit der dynamischen Entwicklung der Elektromobilität waren die deutschen OEM zunächst überfordert und standen der Technologie lange kritisch gegenüber. Auch heute sind vor allem deutsche OEM mit radikalen, neuen Elektrofahrzeugkonzepten eher zurückhalten und beschränken sich auf die Elektrifizierung vorhandener Fahrzeugmodelle. Eine Ausnahme bildet der BMW i3, der als Hybrid- und Elektroauto neu entwickelt wurde. Zunächst entwickelten die deutschen OEM Hybrid-Varianten, später reine Elektro-Varianten ihrer Fahrzeuge. Letztere beschränken sich weiterhin auf einige, wenige Fahrzeugmodelle.

Das verfestigte, technologische Paradigma der Automobilität, nach dem der Verbrennungsmotor die Kerntechnologie des Automobils darstellt, verhindert ein schnelles Aufgreifen neuer Technologien, besonders im Antriebsbereich: Deutsche OEM nehmen im Vergleich zur internationalen Konkurrenz Produktstrategien der Elektromobilität spät und wenig konsequent auf. So entstehen Marktlücken, die zunächst von anderen besetzt werden. Neben den internationalen Konkurrenten, die teilweise mit der Hybrid-Technologie schon früher eine Elektrifizierung des Automobils betrieben haben und auf entsprechende Erfahrungen zurückgreifen können, sind dies vor allem Start-ups, die mit der Produktion von oder Umrüstung zu Elektrofahrzeugen diese Marktlücken zumindest zwischenzeitig besetzen.

Ähnliche Möglichkeiten eröffnen sich in den Innovationssystemen, in denen zwar die etablierten Organisationen aus Wirtschaft und Wissenschaft aber auch eine Vielzahl heterogener Organisationen, die oftmals aus anderen Branchen und teilweise aus anderen Disziplinen kommen, an der FuE zur Elektromobilität beteiligt sind. So differenzieren sich die Innovationssysteme zunehmend aus. Die Öffnung für neue Akteure bedeutet auch die Öffnung für neue Ideen, die in Innovationen münden, die tradierte Entwicklungspfade nicht hervorbringen konnten. Dadurch steigen die Innovativität und die Dynamik der Innovationsprozesse an. Auch wenn die zunehmende Innovativität nicht gleichgesetzt werden darf mit einem höheren Erfolg der Innovationen, im Sinne einer höheren Wahrscheinlichkeit, dass sich diese Innovationen durchsetzen, steigt der Innovationsdruck innerhalb der Systeme. Die etablierten Akteure, die sich häufig über ihre technologische Überlegenheit identifizieren, müssen Innovationen zumindest prüfen und begründen, warum sie gewisse Technologiepfade nicht verfolgen. Die Dynamik führt aber in der Regel dazu, dass auch die etablierten Akteure entsprechende Entwicklungsaktivitäten aufnehmen. So beschleunigt die Öffnung der Innovationssysteme die Innovationsprozesse insgesamt.

Durch die thematische Ausdifferenzierung der Innovationssysteme im Bereich Antriebssysteme wird ein Beschleunigungsprozess in Gang gesetzt, denn es entsteht nicht nur eine Konkurrenz zwischen den Akteure, neue Technologien frühzeitig auf den Markt zu bringen, sondern auch eine Konkurrenz

zwischen Technologien, bei der es darum geht, welche Technologie sich zuerst am Markt durchsetzen kann, womit für andere geringere Marktanteile bleiben. Den Akteuren ist daran gelegen, die Innovationen, an denen sie sich beteiligen, erfolgreich werden zu lassen und vergrößern dafür ihre Innovationsanstrengungen.

Die Beschleunigung von Innovationsprozessen ist kein vollkommen neues Phänomen in der Automobilindustrie. Bereits in der Vergangenheit haben Internationalisierung, Konkurrenzdruck, steigende Elektronik- und Softwareanteile im Fahrzeug sowie zunehmende Variantenvielfalt zu einer Beschleunigung der Innovationsprozesse geführt. Diese Entwicklungen gehen mit einer höheren Innovationsintensität und verkürzten Innovationszyklen einher, die teilweise aus anderen Branchen auf die Automobilindustrie übertragen werden. Die Wirtschaftskrise hat die Innovationsprozesse weiter beschleunigt und die technologische und wirtschaftliche Vorherrschaft der Branche in Frage gestellt. Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich neue Ideen zunehmend durchsetzen können. Der Trend der Beschleunigung von Innovationsprozessen wird durch Elektromobilität weiter befördert und betrifft nun auch den technischen Kern des Antriebssystems. Diejenigen Organisationen, die sich bereits zuvor auf den Trend zu kürzen Innovationszyklen und neuen Technologien in Fahrzeugen eingestellt haben, sind besser auf die weitere Beschleunigung des Wandels vorbereitet. Sie haben bereits Kontakte zu anderen Branchen und Disziplinen aufgebaut, auf die sie nun teilweise zurückgreifen können, und ihre Unternehmen durch Veränderungen in der Personalstruktur und Reorganisationsmaßnahmen auf Veränderungen eingestellt.

Eine Strategie der Beschleunigung zu begegnen ist die Ausgründungen einzelner Unternehmensbereiche und die Gründung von Joint Venture. Durch die Bildung neuer Systeme können sich neue Strukturen unabhängiger von bestehenden Systemen und Strukturen entwickeln. Bestehende Systeme sind darauf ausgelegt ihre Strukturen zu erhalten und reagieren deshalb mit Widerständen auf Veränderungen. Reformen, im Sinne gezielter Variation mit dem Ziel bestehende Strukturen zu verändern, werden oftmals mit Risiken verbunden. Weitaus seltener wird dagegen das Risiko der Beibehaltung bisheriger Strukturen gesehen. Neu gebildete Systeme sind weniger struktur-determiniert und können unabhängig von vorhandenen Systemgeschichten entstehen. So können die neuen Systeme schneller auf die neuen Entwicklungen reagieren und Innovationen hervorbringen. Gleichzeitig können Organisationen durch Ausgründungen ihre vorhandenen Strukturen innerhalb der eigenen Organisation zunächst beibehalten und eine allmähliche Anpassung zeitlich unabhängig vom Innovationsgeschehen machen. Eine wie auch immer geartete Reintegration der neuen in die vorhandenen Strukturen, zumindest auf strategischer Ebene, ist allerdings langfristig erforderlich.

Joint Venture dienen darüber hinaus der Verstärkung von Kooperationen und Trennung der Geschäftsfelder. Zum einen werden Partner formal gebunden und ein Wissensabfluss wird weit-

gehend verhindert. Zum anderen stellen die neuen, unsicheren Geschäftsfelder in einem Joint Venture oder einer Ausgründung ein geringeres Risiko für das Kerngeschäft dar.

Strategien der Neugründung und Ausgründung von Forschungseinheiten sowie vermehrte Kooperationen gibt es auch in der Wissenschaft. Hier müssen nicht nur Forschungsprogramme sondern auch Lehrinhalte bis hin zu ganzen Studiengängen an das Thema Elektromobilität angepasst werden. So entstehen auch in der Wissenschaft neue Systeme, die auf die beschleunigten Innovationsprozesse besser reagieren können und gleichzeitig zu einer weiteren Beschleunigung beitragen, wenn in diesen Systemen Folgeinnovationen entstehen. Neue Wissensbestände werden aufgebaut und in die Lehre überführt. Dabei treten die neuen Systeme auch in Konkurrenz zu den vorhandenen Systemen. Dies ist an den Forschungseinrichtungen in der Regel solange weniger bedeutend, solange ein Thema die Aufmerksamkeit des Politik- und Wirtschaftssystems auf sich zieht. Die Förderprogramme der Politik führen ebenso wie die Kooperation mit der Wirtschaft zu einer guten finanziellen Ausstattung der neuen Systeme. Mit dem Auslaufen von Förderungen schwindet allerdings auch häufig das Interesse der Wirtschaft an Kooperationen mit der Wissenschaft. Nun konkurrieren die neuen Systeme mit den etablierten Systemen um knapper werdende Ressourcen.

Durch die Förderung von Kooperationen zwischen den Systemen, also einerseits zwischen Branchen und Disziplinen und andererseits zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik werden Innovationsprozesse unterstützt. Indem Anreize zur Beteiligung an entsprechenden Kooperationen geschaffen werden, werden Innovationsprozesse weiter beschleunigt. Innovationen sollen in den drei gesellschaftlichen Bereichen gleichzeitig verankert werden und notwendige Voraussetzungen sowie Folgeinnovationen schneller erkannt und umgesetzt werden. Dabei richten sich Kooperationen zwischen Organisationen unterschiedlicher Funktionssysteme an gemeinsamen Zielen aus, da sie nicht auf gemeinsame Codes zurückgreifen können.

Besonders in Triple-Helix-Kooperationen entstehen unterschiedliche, aufeinander wirkende Triebkräfte, Verwerfungen und Konfliktpotentiale, da die Akteure die Entscheidungslogik, Normen und Leitbilder der jeweils anderen in Frage stellen. Die Selektionsmechanismen, nach denen Variationen von Technologie und Wissen bewertet werden, unterscheiden sich je nach Funktionssystem: in der Wirtschaft sind es Verwertungskriterien des Marktes, in der Wissenschaft Genese und Verifikation von Wissen und in der Politik Ressourcenkontrolle und Machtpotentiale. In Triple-Helix-Kooperationen werden die unterschiedlichen Selektionsmechanismen ständig neu kombiniert und beeinflussen sich gegenseitig, woraus schrittweise Innovationen entstehen. Die verschiedenen Selektionsmechanismen der Funktionssysteme wirken asynchron und asymmetrisch. Technologische Lock-in-Effekte entstehen oft in der Interaktion von zwei Systemen, während neue Entwicklungen im

dritten System initiiert werden. Da Akteure aus der Wissenschaft häufig von Wirtschaft und Politik vereinnahmt werden, ist der Einfluss der Wissenschaft auf die Wirtschaft und Politik weniger direkt und erfolgt über die Bereitstellung neuen Wissens und Personals, ist dadurch aber nicht unbedingt weniger wirksam.

In Triple-Helix-Kooperationen entstehen auch Konflikte und Machtkämpfe. Deshalb unterliegen die Kooperationen mit heterogenen Zusammensetzungen einem hohen Risiko des Scheiterns. Förderprojekte bieten als zeitlich begrenzte Kooperation zusätzliche Anreize zur Zusammenarbeit. Zum einen wird das finanzielle Risiko durch die Förderung reduziert, zum anderen ermöglicht die vorab festgelegte, zeitliche Begrenzung der Zusammenarbeit, Kooperation und die gegenseitige Anpassung von Strukturen zu erproben ohne diese von Beginn an auf Dauer zu stellen. Sollte sich eine Zusammenarbeit als nicht zielführend erweisen, kann sie am Ende der Laufzeit problemlos beendet werden. Dennoch hat auch diese Form der zeitlich begrenzten Kooperation eine Wirkung auf die Strukturen der beteiligten Systeme.

Eine weitere Strategie zum Umgang mit Beschleunigung von Innovationsprozessen ist die Erprobung von Innovationen in einem frühen Entwicklungsstadium unter Einbezug verschiedenster Akteure, nicht nur Entwickler aus Wirtschaft und Wissenschaft, sondern auch politische Akteure und potenzielle Nutzer. Durch das frühe Einbeziehen der verschiedenen Akteure können gesellschaftlichen Voraussetzungen und Auswirkungen früh erkannt und bei der Weiterentwicklung berücksichtigt werden. Die verschiedenen Akteursgruppen geben die gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse in ihren jeweiligen Systemen weiter, so dass bspw. politische und Verwaltungsprozesse auf verschiedenen Ebenen auf die Innovationen vorbereitet werden und neue, soziale Praktiken schneller in der Gesellschaft diffundieren können. So kann die Markteinführung einer Innovation beschleunigt werden, da bestimmte Voraussetzungen und Auswirkungen von Beginn an berücksichtigt werden können.

Wie oben bereits beschrieben, wird Dezentralität der Innovationsaktivitäten und Ausdifferenzierung der Innovationssysteme zwar problematisiert, kann aber letztendlich innovationsfördernd und beschleunigend wirken, und stellt somit ebenfalls eine Strategie dar, um Innovationsdruck zu bewältigen. Dezentralisierung wirkt positiv auf die Innovationsdynamik, da technologische Entwicklungen in Schüben und Blöcken verlaufen und somit Ungleichgewichte und Ungleichzeitigkeiten erzeugen. So entsteht eine Konkurrenz der Systeme, in denen Innovationen unterschiedlich schnell und in unterschiedliche Richtungen weiterentwickelt werden. Lock-in-Effekte und ausgeprägte, technologische Trajekte, die das Innovationsgeschehen zu sehr hemmen, werden vermieden. Aus technologischen Schüben in einem System entstehen auch immer Entwicklungs-

potentiale in einem anderen, sofern diese miteinander vernetzt sind und ein Wissensaustausch stattfindet.

5.3 Empfehlungen zum Umgang mit dem Strukturwandel durch Elektromobilität in den verschiedenen Systemen

Um wirtschaftlich erfolgreich zu sein, müssen Unternehmen in der Lage sein, sich auf ständig wandelnde und zunehmend beschleunigte Umweltbedingungen einzustellen. Obwohl Organisationen zunächst immer auf den Erhalt bestehender Strukturen ausgerichtet sind, ist für ihr langfristiges Bestehen entscheidend, dass sie in der Lage sind, auf Umweltveränderungen zu reagieren, ihre Strukturen anzupassen und dabei ihre Identität beizubehalten. Deshalb sollten die Strukturen einer Organisation ausreichend Raum für Innovationen bereitstellen. Wesentlich ist auch, dass Unternehmen ihre Umwelt ständig beobachten und sensibel auf Veränderungen reagieren.

Da Innovationen besonders unter unsicheren, technologischen und gesellschaftlichen Bedingungen zunächst ein Risiko darstellen, da der Ausgang von Innovationsprozessen weder vorhersagbar noch steuerbar ist, ist das Ausbilden von Subsystemen, die sich an Innovationen ausrichten und dafür neue Strukturen aufbauen, eine mögliche Strategie. Auch Interaktionen innerhalb von Innovationssystemen bildet eine Strategie, um Innovationsprozesse außerhalb des eigenen Unternehmens zu verfolgen. Kooperationen mit heterogenen Akteuren in Innovationssystemen bieten dabei ein besonders hohes Innovationspotential, sie bergen allerdings auch ein höheres Risiko des Scheiterns als Kooperationen mit vertrauten Akteuren, die derselben Branche bzw. demselben sektoralen Innovationssystem angehören.

Kooperationen können unterschiedliche Formen annehmen. In Joint Venture oder gemeinsamen Forschungsgesellschaften von Wirtschaft und Wissenschaft ist die Formalisierung besonders hoch. Sie werden als formale Organisationen mit eigenem Personal und langfristigen Strukturen gegründet. Scheitert ein Joint Venture, muss die formale Organisation aufgelöst, Personal entlassen oder in den Gründungsunternehmen übernommen werden. Strategische Allianzen sind weniger formal. Hierbei werden in der Regel keine neuen Organisationen gegründet. Die Verflechtungen beziehen sich überwiegend auf Produkttechnologien, Produktionskapazitäten sowie Einkaufs- und Vertriebswege. Dennoch sind sie häufig durch Kapitalverflechtungen abgesichert und die Unternehmen reagieren sensibel auf Veränderungen der Märkte und Unternehmensentwicklungen ihrer Partner.

Eine weniger formale Form der Kooperation, die für Unternehmen mit deutlich geringeren Risiken verbunden ist, sind FuE-Kooperationen, besonders wenn sich diese auf den vorwirtschaftlichen

Bereich beziehen, nicht zwischen Konkurrenten geschlossen werden, Teil eines Förderprogramms sind und so finanziell gestützt werden sowie von Beginn an zeitlich begrenzt sind. Die zeitliche Begrenzung ermöglicht es den beteiligten Akteuren, die Kooperation nach Ende einer Projektlaufzeit ohne finanzielle Verluste nicht weiterzuführen. Ob ein Projekt fortgesetzt wird, entscheidet sich anhand der gemachten Erfahrungen sowie der wahrgenommenen Vorteilhaftigkeit der Kooperation. Die komplexe Innovation der Elektromobilität erfordert von den Unternehmen der Automobilindustrie durch Kooperation auf diesen Wandel zu reagieren, denn sie verfügen nicht über die Kompetenzen und Kapazitäten diesen alleine zu bewältigen. Besonders wichtig werden Akteure anderer Branchen und Disziplinen, die komplementäre Kompetenzen aufweisen. Wichtig bei strategischen Entscheidungen der Unternehmen ist es zu beachten, dass Innovationsprozesse und Kooperationen immer mit einem Risiko des Scheiterns verbunden sind und ihr Verlauf nicht steuerbar oder vorhersagbar ist, so dass immer ein gewisses Risiko eingegangen werden muss. Innovationsprozesse und Interaktionen mit anderen Organisationen beeinflussen immer die bestehenden Strukturen einer Organisation, auch wenn Kooperationen wenig formal und leicht zu beenden sind. Selbst die negative Selektion einer Variation wird Teil der Systemgeschichte und wirkt sich auf zukünftige Entscheidungen aus. Strukturwandel findet also in jedem Fall statt, auch wenn Organisationen entscheiden nicht auf Veränderungen in der Umwelt zu reagieren.

Je anpassungsfähiger und flexibler eine Organisation ist, umso sensibler kann sie auf Umweltereignisse reagieren. Ihr fällt es auch leichter Kooperationen mit heterogenen Akteuren einzugehen und diese aufrechtzuerhalten. Sie kann dann je nach gemachter Erfahrung zunächst ausdifferenzierte Systeme in ihre Strukturen reintegrieren, z. B. durch die Verstetigung von Innovationsprozessen und neuen Beziehungen oder durch die Bildung eines neuen Subsystems. Eine Organisation kann so steigende Komplexität bewältigen, wobei sie wiederum zur Komplexitätssteigerung beiträgt. Sie kann auch entscheiden, einen Innovationspfad nicht zu verfolgen oder eine Beziehung zu beenden. Auch in dem Fall helfen flexible und anpassungsfähige Strukturen dabei, dass negative Selektion von Variation nicht zu einer dauerhaften Entscheidungsprämisse wird, die zukünftige Innovation, Kooperation und Strukturwandel hemmt.

Die oben aufgeführten Strategien, die Wirtschaftsorganisationen zur Verfügung stehen, um Ausdifferenzierung und Beschleunigung zu bewältigen, gelten im Kern auch für Wissenschaftsorganisationen. Auffällig ist, dass in Wissenschaftsorganisationen häufig Kooperationen mit der Wirtschaft eine höhere Bedeutung zukommt als interdisziplinären Kooperationen mit anderen Wissenschaftsakteuren, egal ob außerhalb oder innerhalb der eigenen Organisation. Dies ist aus zwei Gründen problematisch.

Zum einen steigt die Abhängigkeit der Wissenschaft von der Wirtschaft, was sich auf Forschungsprogramme einschränkend auswirkt. In der Wissenschaft werden dann vornehmlich solche Wissensbestände weiterentwickelt, die von der Wirtschaft verwertet werden können. Dies ist zwar grundsätzlich hilfreich, denn das Ziel des Wissensaufbaus sollte letztendlich die gesellschaftliche Verwertung des Wissens sein. Allerdings wird dabei gesellschaftliche auf wirtschaftliche Verwertung beschränkt und es besteht die Gefahr, dass Wissensbereiche deren unmittelbarer, wirtschaftlicher Nutzen derzeit nicht absehbar ist, nicht oder nur zweitrangig vorangetrieben werden.

Zum anderen sind interdisziplinäre Kooperationen für komplexe, systemische Innovationen wie Elektromobilität wichtig, um die Integration von Wissensbeständen zu erhöhen. Eine technische Innovation hat nicht nur ökonomische, sondern auch soziale und politische Folgen und Voraussetzungen. Erfolgt deren Erforschung in jeweils abgegrenzten Disziplinen, ohne dass diese untereinander ausreichend vernetzt sind, besteht die Gefahr, dass Forschung ohne Berücksichtigung der jeweils in anderen Bereichen zu erwartenden Folgen und Voraussetzungen entwickelt werden. Häufig entstehen neue Technologie ohne Berücksichtigung ihrer gesellschaftlichen Akzeptanz und Wirkung, was auch ihre wirtschaftliche Verwertbarkeit beeinflusst. Dadurch entstehen Spannungen und Konflikte, Innovationsprozesse und vor allem Diffusionsprozesse werden verlangsamt oder sogar verhindert. Neue Technologien können auch schädliche Folgen in der Gesellschaft haben, die während des Entwicklungsprozesses nicht erkannt wurden. In interdisziplinären Kooperationen können Folgen und Voraussetzungen komplexer Innovationen umfassender bewertet werden. So können Fehlentwicklungen vermieden und Innovationsprozesse beschleunigt werden. Auch für die Lehre und Ausbildung in neuen Wissensbereichen wie Elektromobilität sind interdisziplinäre Studiengänge und interdisziplinäre Elemente in Studiengängen notwendig, die ein Mindestmaß an Kooperation zwischen den beteiligten Disziplinen voraussetzen.

Die Innovationsprozesse der Elektromobilität sollten als zirkuläre Prozesse verstanden werden, an denen verschiedene Ursachen und Treiber, Voraussetzungen, Entwicklungen und Weiterentwicklungen, Komplementär- und Folgeinnovationen beteiligt sind. Keinesfalls handelt es sich bei Elektromobilität um eine rein technische Innovation. Obwohl die technischen Innovationen im Antriebssystem oft im Fokus stehen, bedeutet Elektromobilität mehr als, dass ein Antrieb mit Verbrennungsmotor in einem Fahrzeug durch einen elektrischen Antrieb ersetzt wird. Elektrofahrzeuge ermöglichen neue Fahrzeugarchitekturen, haben andere Eigenschaften und verändern die Produktionsprozesse. Sie implizieren eine neue Form der Mobilität, die weniger das Automobil als Universalfahrzeug in den Mittelpunkt stellt, sondern das Elektroauto als Teil eines multimodalen, auf erneuerbaren Energien beruhenden Verkehrssystems ansieht. Dafür bedarf es auch Anpassungen im Mobilitätsverhalten, neue Infrastrukturen, Verkehrsplanung, Geschäftsmodelle sowie unterstützende

Technologien und Dienstleistungen. Die Strukturen der Innovationssysteme passen sich diesen neuen Anforderungen der Elektromobilität zunehmend an, in dem sie sich für neue Akteure öffnen und zunehmend ausdifferenzieren.

Um dem systemischen Charakter der Elektromobilität gerecht zu werden, sollten Entwicklung und Erprobung als iterativer Prozess verstanden werden. Neue Technologien und Modelle werden dabei in einer frühen Entwicklungsphase erprobt. An der Erprobung sollten alle relevanten Akteure beteiligt sein. Das sind neben Akteuren aus der Wirtschaft und Wissenschaft, auch politische Akteure und potenzielle Nutzer. Die Erprobung führt zu neuen Erkenntnissen und wirft neue Fragen auf, die eine Weiterentwicklung der Technologien und Modelle sowie deren Umsetzung in Produkte und Dienstleistungen möglich machen. Die Erprobung und Anpassung sollte nach Möglichkeit fortgesetzt und dafür erforderliche Kooperationen verstetigt werden. Dieses iterative Vorgehen kann seinen Ursprung in einem politisch geförderten Projekt haben, sollte aber langfristig Teil der organisatorischen Strukturen werden. Ein iteratives Vorgehen bei Entwicklung und Erprobung unter Berücksichtigung aller relevanten Akteursgruppen kann letztlich zur Bewältigung von Komplexität beitragen, da es offen für Veränderungen, z. B. für neue Akteure ist, und hilft bei der Bewältigung von Beschleunigung, da neue Entwicklungen schneller berücksichtigt werden können.

Die Zirkularität der Entwicklungs- und Erprobungsprozesse sollte bei der Förderung neuer Technologien ebenso berücksichtigt werden wie die Notwendigkeit alle betroffenen gesellschaftlichen Systeme in diese Prozesse zu integrieren. Dies kann z. B. durch mehrere Förderphasen wie z. B. bei den Modellregionen erreicht werden. Die Programme sollten dabei sowohl in ihrer inhaltlichen Ausrichtung als auch bei den Laufzeiten flexibel sein und nach Abschluss jeder Phase, die neue Erkenntnisse für eventuelle Anpassungen nutzen. Politisch setzt dies eine relativ langfristige und gleichzeitig flexible Planung voraus.

Ähnliches gilt auch für die Akteure der Wirtschaft und Wissenschaft. Sie sollten sich auf längere und wiederholte Entwicklungs- und Erprobungsprozesse einstellen. Besonders für die Automobilindustrie, in der Fahrzeuge und Fahrzeugeigenschaften solange möglichst geheim gehalten werden, bis ein neues Modell, eine neue Modellgeneration oder eine neue Technologie mit viel öffentlicher Aufmerksamkeit vorgestellt wird, bedeutet eine frühzeitige Erprobung und die Integration anderer Akteursgruppen in Entwicklungsprozess eine deutliche Veränderung des Vorgehens. Die OEM haben den Anspruch möglichst technisch ausgereifte Produkte zu präsentieren und ihr Geschäftsmodell beruht darauf diese anschließend über mehrere Jahre weitgehend unverändert zu produzieren. Dieses produktzentrierte Vorgehen erscheint bei der Einführung von Elektrofahrzeuge und der Entwicklung neuer Angebote der Elektromobilität wenig geeignet. Stattdessen sollten ökonomische, organisatorische, soziale und politische Voraussetzungen und Folgen bei der FuE berücksichtigt werden. Produkt- und Angebotspalette müssen sukzessive angepasst und erweitert werden. Dafür

müssen Entwicklungs- und Produktionsprozesse ausreichend flexibel gehalten werden. Die Kooperationen mit verschiedenen Partnern erfordern anpassungsfähige Strukturen.

Eine wesentliche Herausforderung ist der Aufbau einer Ladeinfrastruktur für Elektromobilität. Dieser sollte als gemeinsame, gesellschaftliche Aufgabe verstanden werden. Um Elektromobilität zu einer erfolgreichen Verbreitung zu verhelfen, bedarf es die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Die Politik muss den Ausbau vorantreiben, solange es keine tragfähigen Geschäftsmodelle für Ladeinfrastruktur gibt. Der Ausbau muss vor allem auf Ebene der Städte und Kommunen stattfinden, da die Fahrzeuge dort überwiegend eingesetzt werden. Allerdings ist eine Finanzierung allein durch öffentliche Mittel auf dieser Ebene nicht möglich. Es müssen ausreichend politische Anreize geschaffen und finanzielle Unterstützung von Landes- und Bundesebene geleistet werden. Dabei sollte nicht die Forderung nach einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur nach dem Vorbild des Tankstellennetzes im Mittelpunkt stehen, sondern auf einen angemessenen Ausbau von Ladeinfrastruktur geachtet werden. Da Elektrofahrzeuge anders genutzt werden als herkömmliche Fahrzeuge, kann das Tankstellennetz nicht als Vorbild für eine sinnvoll gestaltete Ladeinfrastruktur dienen.

Um Kosten zu senken, technische Zuverlässigkeit zu erhöhen und einheitliche Zugänge zu Ladestationen zu gewährleisten, ist weitere FuE notwendig, die in der Wissenschaft, der Wirtschaft, aber vor allem auch in Kooperationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik geleistet werden muss. Auch hier bedarf es einer politischen Förderung mit entsprechenden Programmen, um Innovationen voranzutreiben. Die Förderung des Aufbaus und Betriebs von Ladeinfrastruktur für städtische und Unternehmensflotten, verbunden mit einer Öffnung der Ladeinfrastruktur für eine öffentliche Nutzung gegen geringe Gebühren, stellt eine mögliche Strategie dar. Wichtig ist es dabei auch die Bedürfnisse der Nutzer und die Möglichkeiten der Städte und Kommunen zu berücksichtigen. Das Aufladen eines Elektroautos erfordert eine völlig andere Nutzungsroutine als das Volltanken eines herkömmlichen Fahrzeugs. Die Städte und Kommunen müssen Ladeinfrastruktur und Elektromobilität in ihrer Verkehrs- und Stadtplanung anders berücksichtigen als herkömmliche Fahrzeuge und Tankstellennetze. Der Ladeinfrastrukturaufbau sollte vor allem bedarfsgerecht stattfinden. Das war in den Förderprojekten bisher nicht immer der Falle, da der Aufbau von Ladestationen stark an den Zielen der einzelnen Projekte ausgerichtet war und somit oft unkoordiniert verlief. Wichtig ist die Politik auf Ebene der Städte und Kommunen als aktive Partner in die Kooperationen einzubinden, damit ihre Bedürfnisse und Möglichkeiten angemessen berücksichtigt werden und alle Akteure ein ausreichendes Verständnis für die Technologien, Nutzungsformen, Voraussetzungen und Auswirkungen entwickeln.

Wichtig sind dabei außerdem Kooperationen zwischen Automobilindustrie und Energiewirtschaft sowie verschiedenen, wissenschaftlichen Disziplinen. Damit werden Organisationen der Energiewirtschaft zu neuen, relevanten Akteuren in den Innovationssystemen. Die Ladeinfrastruktur bildet dabei die Schnittstelle zwischen Stromversorgung und Elektrofahrzeugen. Die Akteure der beiden Branchen und verschiedener, wissenschaftlicher Disziplinen sind letztendlich aufeinander angewiesen, da ihre Kompetenzen komplementär sind. Zwischen den Akteuren kommt es zu Aushandlungsprozessen, z. B. über Investitionen, Zuständigkeiten und Geschäftsfelder. Letztendlich geht es hierbei um die Frage, wer welche Kosten trägt und welche Einnahmen generiert. Fraglich ist dabei, wer die Schnittstelle zum Endkunden besetzt. Einerseits können OEM ihren Kunden Ladestationen mit anbieten, wenn sie Elektrofahrzeuge verkaufen. Andererseits können aber auch Energieversorger Ladestationen in Kombination mit bestimmten Elektrofahrzeugen vertreiben. Für beide Vertriebswege sind die Unternehmen der unterschiedlichen Branchen auf Kooperationen angewiesen.

Da Dezentralität von Innovationsprozessen und Heterogenität der an ihnen beteiligten Akteure sowohl Vorteile als auch Nachteile mit sich bringen, ist es wichtig die entsprechenden Voraussetzungen zu schaffen, unter denen Dezentralität und Heterogenität möglich sind. Zu starke Zentralisierung und Fokussierung verbunden mit einer Schließung der Innovationssysteme hemmt letztendlich die Innovativität und führt zu Lock-in-Effekten. Entscheidend ist dabei eine gute Vernetzung und Koordination der Akteure untereinander, die einen regelmäßigen Wissensaustausch generieren und über reine, gegenseitige Information über Forschungsvorhaben hinausgehen. Diese Aufgabe kann nur an einer übergeordneten Stelle wahrgenommen werden und sollte auf ein entsprechendes, formales und finanzielles Basis gestellt werden. Vernetzung stellt eine wesentliche Aufgabe der Politik dar. Sie dient der Generierung und Verbreitung von Wissen, reduziert Unsicherheiten und steigert die Innovationsdynamik. Die Vernetzung zwischen Projekten und einzelnen Akteure sollte von Beginn an in den Förderprogrammen berücksichtigt und nicht nur aus Informationsplattformen und -foren bestehen. Wichtig ist ein Austausch über Erfahrungen und Erkenntnissen, die in den jeweils anderen Projekten berücksichtigt werden können. Dabei sollte beachtet werden, dass Wissensaustausch nicht nur in formalen sondern auch in informellen Beziehungen stattfindet. Deshalb sollte dem informellen Austausch von Akteuren innerhalb von Innovationssystemen ausreichend Platz eingeräumt werden. Vernetzung ist eine sehr aufwendige Aufgabe, die nicht unterschätzt werden darf. Die einzelnen Akteure sind mit dieser Aufgabe alleine überfordert und können sich höchstens strategisch mit ausgewählten Partnern vernetzen.

Trotz der generell positiven Bewertung von Kooperationen heterogener Akteure in Innovationssystemen im Allgemeinen und Triple-Helix-Kooperationen im Speziellen, welche die Innovativität

bzw. die Dynamik der Innovationsprozesse erhöhen, darf nicht übersehen werden, dass höhere Innovativität nicht mit höheren Erfolgchancen einzelner Innovationen gleichgesetzt werden darf. Dasselbe gilt für den Strukturwandel der Systeme, der zwar erforderlich ist, um den Herausforderungen der Elektromobilität gerecht zu werden, aber nicht unbedingt in eine Richtung verläuft, die eine bessere Bewältigung der Herausforderungen ermöglicht. Die systemtheoretische Konzeption des Strukturwandels von Innovationssystemen als Koevolution der beteiligten Systeme verweist darauf, dass Evolution nicht determiniert werden kann. Weder der Verlauf von Innovationsprozessen noch der Strukturwandel in den Systemen kann gesteuert oder vorhergesagt werden. Die beteiligten Akteure, die mit ihrer Interaktion die Innovationssysteme bilden, können deren Entwicklung nicht steuern. Sie können diese durch ihre Interaktionen und das Schaffen bestimmter Rahmenbedingungen beeinflussen, aber deren Wirkung nicht vorhersagen. Entscheidend ist deshalb, dass die beteiligten Akteure die Prozesse stetig beobachten und ihre Entscheidungen z. B. zu Kooperationen, FuE-Aktivitäten oder politische Programme, laufend an die beobachteten Entwicklungen anpassen.

Elektromobilität und der damit verbundene Strukturwandel in der Gesellschaft, stellt für alle beteiligten Akteure eine Herausforderung dar, die diese nicht alleine bewältigen können. Der Strukturwandel ist Teil der gesellschaftlichen Entwicklung, die mit zunehmender Komplexität und Beschleunigung verbunden ist. Die Akteure aus den verschiedenen Funktionssystemen können sich diesem Wandel nicht entziehen, da dieser Teil ihrer Umwelt ist, an die sie strukturell gekoppelt sind. Sie können nur mehr oder weniger erfolgreiche Strategien für dessen Bewältigung entwickeln. Dabei ist wenig vorhersagbar, welche Strategie für welche Organisation besonders erfolgreich ist, da ihr Erfolg immer von spezifischen System- und Kontextvoraussetzungen abhängig ist. Auch die Wirkung einer geplanten Veränderung in einer Organisation kann nicht vorhergesagt werden. Aus diesen Gründen scheint eine stetige Beobachtung und Bewertung der Entwicklungen in der Umwelt und in der jeweiligen Organisation wichtig, um Fehlentwicklungen frühzeitig zu erkennen und wenn möglich, diesen entgegen zu wirken. Flexible und anpassungsfähige Strukturen, wie sie in der Interaktion heterogener Akteure in Innovationssystemen entstehen und letztendlich auf die Strukturen der einzelnen Systeme zurückwirken, unterstützen die Fähigkeit der Akteure auf Wandel zu reagieren und Komplexität, Beschleunigung von Innovationsprozessen und Strukturwandel zu bewältigen.

Literaturverzeichnis

- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2010): Wie Deutschland zum Leitanbieter für Elektromobilität werden kann: Status quo - Herausforderungen – Offene Fragen, acatech bezieht Position, Nr. 6, Springer Verlag, Heidelberg 2010.
- Ahrend, Christine; Stock, Jessica: (2013) „Der Benchmark ist noch immer das heutige Verhalten“ Alltagserfahrungen mit dem Elektroauto aus Sicht der Nutzer/innen, in: Keichel, Marcus; Schwedes, Oliver (Hrsg.): Das Elektroauto. Mobilität im Umbruch, Springer, Wiesbaden 2013, S. 105-126.
- Aigle, Thomas (2008): Innovationen im Fahrzeugbau. Eine interdisziplinäre Analyse des Innovationsverhaltens in der Automobil- und Busindustrie (Diss), Universität Ulm, Fakultät für Mathematik und Wirtschaftswissenschaften, Institut für Wirtschaftswissenschaften, Oktober 2008.
- Aigle, Thomas; Marz, Lutz (2007): Automobilität und Innovation. Versuch einer interdisziplinären Systematisierung, WZB – discussion paper SP III 2007-102, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Berlin 2007.
- AIT Austrian Institute of Technology GmbH (2015): SELECT. Suitable ELEctromobility for Commercial Transport, online verfügbar unter: <http://www.select-project.eu/node?page=1> (zuletzt abgerufen am 15.09.2015).
- Akasol (2013): Akasol stattet eRUF mit Li-Ionen-Batteriesystem aus. Presseinformation, Darmstadt, 6.9.2013, online verfügbar unter: http://www.akasol.com/fileadmin/Kundendaten/pdf/pressemitteilungen/AKASOL_Pressemitteilung_eRuf_IAA.pdf (zuletzt abgerufen am 15.07.2014).
- Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (ADAC) (2010): Elektroautos: Anbieter/Technische Daten/Preise. ADAC Fahrzeugtechnik, 19.07.1000 - IN 26554 – Stand 09-2010, online verfügbar unter: <https://adacemobility.files.wordpress.com/2010/09/anbieter-von-elektrofahrzeugen.pdf> (zuletzt abgerufen am 26.03.2016).
- Audi (2013): Wissenschaftskooperationen. Vernetzung von wissenschaftlicher Theorie und unternehmerischer Praxis, online verfügbar unter: <http://www.audi.de/content/de/brand/de/unternehmen/wissenschaftskooperationen.html> (zuletzt abgerufen am 20.10.2013).
- Automobil Produktion (2013): Daimler reduziert Tesla-Anteil, 16.05.2013, online verfügbar unter: <http://www.automobil-produktion.de/2013/05/daimler-reduziert-tesla-anteil/> (zuletzt abgerufen am 14.07.2014)
- Automobilwoche (verschiedene Ausgabe). Die Branchen- und Wirtschaftszeitung, Online-Ausgabe verfügbar unter: www.automobilwoche.de, Crain Communications GmbH, München.

- Automobilwoche edition (2010): Das neue Automobil, Konzepte – Technologie, Mai 2010, Crain Communications GmbH, München.
- Auto, Motor und Sport (2014): Renault Elektroautos. Batteriemiete wird günstiger, 2. April 2014, online verfügbar unter: <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/renault-elektroautos-batteriemiete-wird-guenstiger-8225628.html> (zuletzt abgerufen am 17.02.2015).
- Bandemer, Stephan von (1997): Innovationen als kollektive Lernprozesse: Stärken und Schwächen der Europäischen Forschungs- und Innovationssysteme, in: Institut Arbeit und Technik: Jahrbuch 1996/97. Gelsenkirchen 1997, S. 28-37.
- Barthel, Klaus; Böhler-Baedeker, Susanne; Bormann, René; Dispan, Jürgen; Fink, Philipp; Koska, Thorsten; Meißner, Heinz-Rudolf; Pronold, Florian (2010): Zukunft der deutschen Automobilindustrie. Herausforderungen und Perspektiven für den Strukturwandel im Automobilssektor, Diskussionspapier der Arbeitskreise Innovative Verkehrspolitik und Nachhaltige Strukturpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung, WISO Diskurs, Expertise und Dokumentationen zur Wirtschafts- und Sozialpolitik, Dezember 2010.
- Batteriezukunft – Speicherenergie für E-Mobility (2013): Batterie-Recycling: Akkus des BMW i3 sollen im Second-Life Stromnetz entlasten - Samsung: "Die Innovations-Zyklen werden immer kürzer", 19.09.13, online verfügbar unter: <http://www.batteriezukunft.de/news/batterie-recycling-akkus-des-bmw-i3-sollen-im-second-life-stromnetz-entlasten-samsung-die> (zuletzt abgerufen am 21.03.2016).
- Bauer, Wilhelm (2013): Vom Logistischen Wirtschaftsverkehr bis zum Micro Smart Grid. Überblick über Schaufenster-Projekte des Fraunhofer IAO, e-mobil BW Technologietag, Stuttgart, 02.10.2013, online verfügbar unter: http://www.e-mobilbw.de/files/e-mobil/content/DE/Service/Vortraege/Technologietag%202013/TT%202013_J1_Prof.%20Dr.%20Wilhelm%20Bauer.pdf (zuletzt abgerufen am 08.10.2015).
- B.A.U.M. Consult GmbH (2012): Ergebnisbericht zum Förderprogramm "IKT für Elektromobilität", vorgelegt von der Begleitforschung, Juni 2012.
- Bayern Innovativ Gesellschaft für Innovation und Wissenstransfer mbH (2015): E-Plan München – Planung von Elektromobilität im Großraum München. Online verfügbar unter: <http://www.elektromobilitaet-verbindet.de/projekte/elektromobilitaet-infrastruktur-mobilitaetsloesungen.html> (zuletzt abgerufen 09.10.2015).
- Bayern Innovativ Gesellschaft für Innovation und Wissenstransfer mbH (2014): Projekte. Online verfügbar unter: <http://www.elektromobilitaet-verbindet.de/projekte.html> (zuletzt abgerufen am 18.12.2014).
- Beaume, Romain; Charue-Duboc, Florence; Midler, Christophe; Maniak, Rémi (2011): From technological change to systemic disruption management. The Renault ZEV case. Is the

- Second Automobile Revolution on the Way? 19th International Gerpisa Colloquium, Paris, 8/9/10 June 2011.
- Becker, Helmut (2010): Darwins Gesetz in der Automobilindustrie. Warum deutsche Hersteller zu den Gewinnern zählen, Springer: Berlin/ Heidelberg 2010.
- Becker, Helmut (2007): Ausgebremst. Wie die Autoindustrie in Deutschland in die Krise fährt. Econ. Berlin 2007.
- BEM - Bundesverband eMobilität (01/2010-07/2013): Neue Mobilität. Das Magazine des Bundesverband eMobilität, online verfügbar unter: www.bem-ev.de (zuletzt abgerufen am 17.02.2015).
- BeMobility - Berlin elektroMobil (2013): Multicity Carsharing. Multicity –Aufbau eines stationslosen, flexiblen e-Carsharing, 23. Mai 2013 online verfügbar unter: http://www.bemobility.de/bemobility-de/start/bemobilty_12_13/umsetzung_20/3182130/multicity.html (zuletzt abgerufen am 17.02.2015).
- Bertram, Björn (2011): Innovationsprozesse wissensbasierter Technologien. Beispiel der PEM-Brennstoffzelle, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe 2011.
- Bielinski, Juliane (2010): Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten von multinationalen Unternehmen in China. Eine empirische Analyse der deutschen Automobil-, Chemie- und Elektronikindustrie, Europäische Hochschulschriften, Reihe V Volks- und Betriebswirtschaft, Bd. 3367, Peter Lang Verlag, Frankfurt am Main 2010.
- Biermann, Jan-Welm; Scholz-Starke, Kai (2010): Elektrofahrzeuge – Historie, Antriebskomponenten und aktuelle Fahrzeugbeispiele. In: Korthauer, Reiner (Hrsg.): Handbuch Elektromobilität. EW Medien und Kongresse, Frankfurt am Main 2010, S. 13-29.
- Blättel-Mink, Birgit; Ebner, Alexander (2009): Innovationssysteme in wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs. In: dies. (Hrsg.): Innovationssysteme. Technologien, Institutionen und die Dynamik der Wettbewerbsfähigkeit, 1. Aufl., VS Verlag, Wiesbaden 2009, S. 11-23.
- Blättel-Mink, Birgit (2006): Kompendium der Innovationsforschung, 1. Aufl., VS Verlag, Wiesbaden 2006.
- Blöcker, Antje (2001): Reorganisationsmuster von Forschung und Entwicklung in der Automobilindustrie am Beispiel von BMW, Mercedes-Benz und Volkswagen. Ein Beitrag zum Wandel von Innovationssystemen. Shaker Verlag, Aachen 2001.
- Blöcker, Antje; Jürgens, Ulrich; Meißner, Heinz-Rudolf (2009): Innovationsnetzwerke und Clusterpolitik in europäischen Automobilregionen. Impulse für die Beschäftigung. LIT Verlag, Berlin 2009.

- BMW Group (2014): Auslieferungen des BMW i8 starten im Juni. Fahrleistungs- und Verbrauchswerte nochmals deutlich verbessert - Praxisverbrauch erreicht Kleinwagenniveau – Weltweit erstes Serienfahrzeug mit innovativem Laserlicht. Pressemeldung, 10.03.2014, online verfügbar unter:
https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/pressDetail.html?title=auslieferungen-des-bmw-i8-starten-im-juni-fahrleistungs-und-verbrauchswerte-nochmals-deutlich&outputChannelId=7&id=T0171007DE&left_menu_item=node_5248 (zuletzt abgerufen am 30.10.2015).
- BMW Group (2013a): Im Überblick. Finanzberichte, online verfügbar unter:
http://www.bmwgroup.com/bmwgroup_prod/d/0_0_www_bmwgroup_com/investor_relations/finanzberichte/ueberblick.shtml (zuletzt abgerufen am 08.09.2013).
- BMW Group (2013b): Produktionsstandorte. Produktion weltweit, online verfügbar unter:
http://www.bmwgroup.com/bmwgroup_prod/d/0_0_www_bmwgroup_com/produktion/prduktionsnetzwerk/produktionsstandorte/produktionsstandorte.shtml (zuletzt abgerufen am 28.09.2013).
- BMW Group (2013c): Standorte. Unternehmensprofil, online verfügbar unter:
http://www.bmwgroup.com/d/0_0_www_bmwgroup_com/unternehmen/unternehmensprofil/standorte/standorte.shtml (zuletzt abgerufen am 30.09.2013).
- Bosch Media Service (2013): Vernunft trifft Fahrspaß, Alternativer Antrieb mit effizienter Bremskraft-Rückgewinnung. Hydraulik-Hybrid von Bosch, Mobility Solutions, 05. März 2013, online verfügbar unter: <http://www.bosch-presse.de/presseforum/details.htm?txtID=6164> (zuletzt abgerufen am 08.09.2015).
- Bosch Mobility Solutions (2015): Elektrifizierung des Antriebsstrangs. Online verfügbar unter:
http://produkte.bosch-mobility-solutions.de/de/de/specials/specials_powertrain/powertrain_electrification/powertrain_electrification_1.html (zuletzt abgerufen am 08.09.2015).
- Braczyk, Hans-Joachim; Cooke, Philip; Heidenreich, Martin (Hrsg.) (1998): Regional innovation systems. UCL Press, London 1998.
- Bratl, Hubert; Hummelbrunner, Richard; Payer, Harald; Scheer, Günter (2002): Systemtheoretische Beurteilung und Weiterentwicklung von regionalpolitischen Interventionen. Endbericht, invent, Wien 2002.
- Bratl, Hubert; Trippl, Michaela (2001): Systemische Entwicklung regionaler Wirtschaften. Überprüfung der Leistungsfähigkeit der Neueren Systemtheorie am Beispiel der Industrieregion Obersteiermark. Studie im Auftrag des Bundeskanzleramtes, Abteilung IV/4, invent, Wien 2001.

- Braun, Andreas; Herdtle, Carolin; Schmid, Manfred; Märker, Felix; Rid, Wolfgang (2015): emis – Toolbox für Elektromobilität in Mittelstädten, hrsg. von Forschungsgruppe Stadt / Mobilität / Energie, Universität Stuttgart, Städtebau-Institut, Stuttgart, April 2015, online verfügbar unter: http://www.emis-projekt.de/brcms/pdf/EMiS_Toolbox_Elektromobilitaet.pdf (zuletzt abgerufen am 07.10.2015).
- Braun-Thürmann, Holger (2005): Innovation, transcript Verlag, Bielefeld 2005.
- Braun-Thürmann, Holger; John, René (2010): Innovation: Realisierung und Indikator des sozialen Wandels. In: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (Hrsg.): Soziale Innovation. Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, 1. Auflage, VS Verlag, Wiesbaden 2010, S. 53-69.
- Breschi, Stefano; Malerba, Franco (1997): Sectoral Innovation Systems: technological Regimes, Schumpeterian Dynamics, and Spatial Boundaries, in: Edquist, Charles (Hrsg.): Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations, Pinter, London 1997, S. 130-156.
- BYD Autos (2012): BYD Autos, online verfügbar unter: <http://www.bydautos.de/> (zuletzt abgerufen am 08.09.2015).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2009): Forschung und Innovation für Deutschland. Bilanz und Perspektive, Bonn/ Berlin 2009.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2014a): Mitglieder der Arbeitsgruppen 1-7. Übersicht: Lenkungsreis & Arbeitsgruppen, Nationale Plattform Elektromobilität, Stand: 01.07.2014, online verfügbar unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/nat_plattform_elektromobilitaet_mitglieder_arbeitsgruppen_bf.pdf (zuletzt abgerufen am 12.12.2014).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2014b): Nationale Plattform Elektromobilität. Vorsitz und Mitglieder des Lenkungsreises, Stand: 01. Juli 2014, online verfügbar unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/nat_plattform_elektromobilitaet_mitglieder_lenkungsreis_bf.pdf (zuletzt abgerufen am 12.12.2014).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (o. J.): Die EU-Verordnung zur Verminderung der CO₂- Emissionen von Personenkraftwagen. Online verfügbar unter: http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eu_verordnung_co2_emissionen_pkw.pdf (zuletzt abgerufen am 13.11.2013).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013): Förderprogramm „Schaufenster Elektromobilität“. Online verfügbar unter:

- <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/IR/elektromobilitaet-steckbriefe.html?nn=36210> (zuletzt abgerufen am 13.11. 2013).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2012): Modellregion Stuttgart. Online verfügbar unter: <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/UI/modellregion-stuttgart.html?nn=36210> (zuletzt abgerufen am 08.02.2013)
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2011a): Modellregionen Elektromobilität. Die 8 Modellregionen im Überblick, online verfügbar unter: <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/UI/modellregionen-elektromobilitaet.html>, (zuletzt abgerufen am 08.11.2011).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2011b): Ergebnisbericht 2011 der Modellregionen für Elektromobilität. Berlin 2011.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2015): Modellregionen Elektromobilität. Verkehr und Mobilität, online verfügbar unter: <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/modellregionen-elektromobilitaet.html> (zuletzt abgerufen am 01.10.2015).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (2015): IKT für Elektromobilität. Projekte. SecMobil – Secure eMobility, online verfügbar unter: <http://www.ikt-em.de/de/SecMobil.php> (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (2011): Allgemeine Wirtschaftspolitik: Schlaglichter der Wirtschaftspolitik, Monatsbericht August 2011, online verfügbar unter: www.bmwi.de (zuletzt abgerufen am 19.03.2012).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (2009): Allgemeine Wirtschaftspolitik. Konjunkturgerechte Wachstumspolitik Jahreswirtschaftsbericht 2009, Berlin, Januar 2009, online verfügbar unter: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/jahreswirtschaftsbericht-2009,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (zuletzt abgerufen am 06.10.2013).
- Burt, Ronald Stuart (1992): Structural Holes. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1992.
- Campbell, Colin J.; Liesenborghs, Frauke; Schindler, Jörg, Zittel, Werner (2003): Ölwechsel! Das Ende des Ölzeitalters und die Weichenstellung für die Zukunft, 2. Aufl., München 2003.
- Cantner, Uwe (2000): Die Bedeutung von Innovationssystemen für die internationale Wettbewerbsfähigkeit. In: Staroske, Uwe; Wiegand-Kottisch, Maren; Wohlmuth, Karl (Hrsg.): Innovation als Schlüsselfaktor eines erfolgreichen Wirtschaftsstandortes. Nationale und regionale Innovationssysteme im globalen Wettbewerb, LIT, Münster 2000, S. 77-110

- Canzler, Weert; Wentland, Alexander; Simon, Dagmar (2011): Wie entstehen neue Innovationsfelder? Vergleich der Formierung- und Formungsprozesse in der Biotechnologie und Elektromobilität, Discussion Paper, SP III 2011-601, September 2011, WZB Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Berlin 2011.
- Canzler, Weert; Knie, Andreas (2011): Mehr als ein neuer Motor. Die Wende zur E-Mobilität erfordert innovative Nutzungskonzepte, in: WZB Mitteilungen, Heft 134, Dezember 2011, S. 38-39.
- Canzler, Weert; Knie, Andreas (2010): Elektromobilität: Innovationen nur in vernetzter Form. In: WZBrief Arbeit, Nr. 8, Berlin November 2010.
- Canzler, Weert; Knie, Andreas (2009): Grüne Wege aus der Autokrise. Vom Autobauer zum Mobilitätsdienstleister, Bd. 4 der Reihe Ökologie, hrsg. von der Heinrich-Böll-Stiftung, Berlin 2009.
- Car2go GmbH (2014): Elektro-car2go werden in den Berliner Großstadtdschungel entlassen, 29.04.2014, online verfügbar unter: <http://blog.car2go.com/2014/04/29/elektro-car2go-werden-in-den-berliner-grosstadtdschungel-entlassen/> (zuletzt abgerufen am 02.03.2015).
- Car2go GmbH (2010): Car2go, online verfügbar unter: <http://www.car2go.com/?selection=new>, (zuletzt abgerufen am 08.11.2011).
- Carlsson, Bo (1995) (Hrsg.): Technological Systems and Economic Performance: The Case of Factory Automation, Economics of Science, Technology and Innovation, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1995.
- Carlsson, Bo; Stankiewicz, Rikard (1991): On the nature, function and composition of technological systems. In: Journal of Evolutionary Economics, Bd. 1, Heft 2, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1991, S. 93-118.
- CITYSAX (2014): Die Zukunft fährt elektrisch! Worauf warten Sie noch? Online verfügbar unter: <http://www.citysax.com/citysax/index.html> (zuletzt abgerufen am 04.01.2014).
- Cluster Leistungselektronik (2015): Cluster-Service. Projekte. Aktuelles, online verfügbar unter: <http://www.clusterle.de/seitennavigation/cluster-service/projekte/aktuell/> (zuletzt abgerufen am 24.08.2015).
- CologneE-mobil (2015): Elektromobilitätslösungen für NRW. Online verfügbar unter: <http://cologne-mobil.de/home.html> (zuletzt abgerufen am 23.01.2015).
- Continental (2010): System-Know-how für Elektromobilität. 16.06.2010, online verfügbar unter: http://www.continental-corporation.com/www/presseportal_com_de/themen/pressemitteilungen/3_automotive_group/powertrain/press_releases/pr_2010_06_16_hev_de.html (zuletzt abgerufen am 09.09.2015).

- Daimler (2011): Daimler in Japan. Profile, 10/2011, online verfügbar unter : http://www.mitsubishi-fuso.com/en/outline/download/Daimler_in_Japan_Brochures.pdf (zuletzt abgerufen am 30.09.2013).
- Dehio, Jochen; Engel, Dirk; Graskamp, Rainer; Rothgang, Michael (2005): Beschäftigungswirkungen von Forschung und Innovation: Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit. Projektnr. 20/03. Endbericht, RWI Projektberichte, online verfügbar unter: <https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/69959/1/736357793.pdf> (zuletzt abgerufen am 08.11.2013).
- Deutsche Automobil Treuhand GmbH (DAT) (2008) (Hrsg.): Leitfaden zu Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen aller neuen Personenkraftwagenmodelle, die in Deutschland zum Verkauf angeboten werden. Aug. 2008, online verfügbar unter: <http://www.DAT.de>, (zuletzt abgerufen am 03.03.2008).
- Deutsche Bank Research (2011): Elektromobilität. Sinkende Kosten sind conditio sie qua non, Aktuelle Themen 526, Frankfurt am Main, 12. September 2011, online verfügbar unter: https://www.deutsche-bank.de/cr/de/docs/DB_Research_-_Elektromobilitaet_Sept._2011_%28de%29.pdf (zuletzt abgerufen am 07.09.2014).
- Deutsche Bahn AG (DB) (2014): BeMobility Berlin elektroMobil, online verfügbar unter: <https://www.bemobility.de/bemobility-de/start/> (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).
- Deutsches Dialog Institut (2014): Schaufenster Elektromobilität. Online verfügbar unter: <http://schaufenster-elektromobilitaet.org/de/content/index.html> (zuletzt abgerufen am 17.09.2015).
- Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu) (2015): „EBikePendeln“ – Fahrspaß mit Rückenwind! Schaufenster Elektromobilität Berlin-Brandenburg, Fahrradportal, i. A. des BMVI, letzte Aktualisierung 31.08.2015, online verfügbar unter: <http://www.nationaler-radverkehrsplan.de/pedelec/schaufensterprojekt/> (zuletzt abgerufen am 08.10.2015).
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Verkehrsforschung (2015): Modellregion Elektromobilität Berlin/Potsdam. E-City-Logistik, abgeschlossene Projekte, online verfügbar unter: http://www.dlr.de/vf/desktopdefault.aspx/tabid-958/4508_read-28668 (zuletzt abgerufen am 02.10.2015)
- Denza Official Website (2014): About Denza. Milestones, online verfügbar unter: <http://www.denza.com.cn/index.php?s=eng&r=single/milestones> (zuletzt abgerufen am 14.07.2014).
- Die Bundesregierung (2015): Energiewende – Mobilität – Elektromobilität – Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität. Online verfügbar unter:

- http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Mobilitaet/podcast/_node.html (zuletzt abgerufen am 09.04.2015).
- Die Bundesregierung (2012): Laufende und abgeschlossene Förderprojekte der Bundesregierung im Bereich Elektromobilität. Stand: 6. Juni 2012, online verfügbar unter: [http://www.foerderinfo.bund.de/media/LaufendeProjekteElektromobilitaet20120606\(1\).pdf](http://www.foerderinfo.bund.de/media/LaufendeProjekteElektromobilitaet20120606(1).pdf) (zuletzt abgerufen am 13.09.2012).
- Die Bundesregierung (2011): Regierungsprogramm Elektromobilität. Mai 2011, online verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/Content/Infomaterial/BPA/Bestellservice/2011-05-20-regierungsprogramm-elektromobilitaet.html> (zuletzt abgerufen am 16.04.2013).
- Die Welt (2012): BMW und Peugeot gehen getrennte Wege. 22.06.2012, online verfügbar unter: http://www.welt.de/print/die_welt/wirtschaft/article106651432/BMW-und-Peugeot-gehen-getrennte-Wege.html (zuletzt abgerufen am 14.07.2014).
- Diez, Willi (2001): Automobilmarketing – Erfolgreiche Strategien, praxisorientierte Konzepte, effektive Instrumente. Landsberg/Lech 2001.
- Diez, Willi; Kohler, Markus (2010): Otto-, Diesel-, Elektromotor - wer macht das Rennen? Handlungsfelder zur Sicherung des Automobilstandorts Region Stuttgart, IHK Region Stuttgart 2010.
- Dilk, Christoph; Gleich, Ronald; Staiger, Thomas (2007): Innovation & Kooperation – Beispiele aus der Automobilindustrie. In: Gleich, Ronald; Russo, Peter (Hrsg.): Perspektiven des Innovationsmanagements 2007, Innovationsmanagement und Entrepreneurship, Bd. 1, LIT, Berlin 2007, S. 3-22.
- Dispan, Jürgen; Meißner, Heinz-Rudolf (2010): Wirkungen der Elektromobilität auf regionale Wertschöpfungsketten und auf Beschäftigung in Baden-Württemberg, kompetenz & innovation.bawü, Arbeitspapier Nr. 13, Stuttgart, Oktober 2010.
- DGAP.Medientreff (2014): DGAP-News. Online verfügbar unter: <http://www.dgap-medientreff.de> (zuletzt abgerufen am 01.04.2014).
- Dolata, Ulrich (2011a): Wandel durch Technik. Eine Theorie soziotechnischer Transformation, Schriften aus dem Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung Köln, Bd. 73, Campus Verlag, Frankfurt 2011.
- Dolata, Ulrich (2011b): Radical Change as Gradual Transformation. Characteristics and Variants of Socio-technical Transformation, SOI Discussion Paper 2011-03, Stuttgart 2011.
- Dolata, Ulrich (2007): Technik und sektoraler Wandel. Technologische Eingriffstiefe, sektorale Adaptionsfähigkeit und soziotechnische Transformationsmuster, MPIfG Discussion Paper 07/3, Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung Köln, Februar 2007.

- Dosi, Giovanni (1982): Technological Paradigms and Technological Trajectories. In: Research Policy, Vol. 11, S. 147-162.
- Dosi, Giovanni; Freeman, Christopher; Nelson, Richard R.; Silverberg, Gerald; Soete, Luc (Hrsg.) (1988): Technical Change and Economic Theory. Pinter Publishers, London 1988.
- Dudenhöffer Ferdinand (2010): Zukunftstaugliche Arbeitsplätze durch Batterie-Spitztechnologie. Studie. Universität Duisburg-Essen, April 2010.
- Drive-CarSharing (2015a): e-Mobilität ist innovativ und klimafreundlich. Online verfügbar unter: <https://www.drive-carsharing.com/elektromobilitaet/> (zuletzt abgerufen am 10.02.2015).
- Drive-CarSharing (2015b): RUHRAUTOe. Online verfügbar unter: <http://www.ruhrautoe.de/> (zuletzt abgerufen am 06.10.2015).
- DriveNow (2015): DriveNow. Online verfügbar unter: <https://de.drive-now.com/#> (zuletzt abgerufen am 02.03.2015).
- e-CarSharing (2014): Elektroautos finden und mieten: Städte mit e-Carsharing und e-Autovermietungen, online verfügbar unter: <http://www.e-carsharing.net/elektroauto-mieten-2/> (zuletzt abgerufen am 02.03.2015).
- econnect Germany (2015): Stadtwerke Machen Deutschland elektromobil. Online unter: <http://www.econnect-germany.de/> (zuletzt abgerufen am 23.01.2015).
- Edquist, Charles (2005): Systems of Innovation: Perspectives and Challenges, Kapitel 7, in: Fagerberg, Jan; Mowery, David C.; Nelson, Richard R. (Hrsg.): The Oxford Handbook of Innovation, Oxford University Press, New York 2005, S. 181-208.
- e-GAP Modellkommune Elektromobilität Garnisch-Partenkirchen (2013): Flinkster. E-Carsharing in Garmisch-Partenkirchen – so funktioniert's! 26. Juli 2013, online verfügbar unter: <http://www.e-gap.de/e-carsharing-in-garmisch-partenkirchen-so-funktioniert/> (zuletzt abgerufen am 17.02.2015).
- eLAB Elektromobilitätslabor (2015): E-Aix, online verfügbar unter: <http://www.elab-aachen.de/de/forschungsprojekt-3> (zuletzt abgerufen am 05.10.2015).
- ElektroMobilitätNRW (2015): Modellregion Rhein-Ruhr: Aktueller Überblick. Stand Juli 2015, online verfügbar unter: http://www.elektromobilitaet.nrw.de/editor/user_upload/MRR_Ueberblick_Stand_Juni_2015.pdf (zuletzt abgerufen am 25.09.2015).
- Elektromobilität Süd-West (2015): Aktuelle Projekte. Online verfügbar unter: <http://www.emobil-sw.de/de/aktivitaeten/aktuelle-projekte.html#page=1&view=all-items> (zuletzt abgerufen am 30.06.2015).
- elektroniknet.de (2014): elektroniknet.de. Online verfügbar unter <http://www.elektroniknet.de/> (zuletzt abgerufen am 31.10.2014).

- elektroniknet.de (2012): Sichere Batterietechnik fürs Elektroauto. Leuchtturmprojekt SafeBatt, 11.09.2012, online verfügbar unter: <http://www.elektroniknet.de/automotive/sonstiges/artikel/91305/> (zuletzt abgerufen am 25.03.2016)
- eMAP electromobility – scenario based Market potential, Assessment and Policy options (2015): Welcome to eMAPS website. Letzte Änderung: September 2015, online verfügbar unter: <http://www.project-emap.eu/index.htm> (zuletzt abgerufen am 15.09.2015).
- EM-Motive (2014): Unternehmen. Online verfügbar unter: <http://www.em-motive.com/unternehmen.html> (zuletzt abgerufen am 20.07.2014).
- eMO Berliner Agentur für Elektromobilität (2015): Projekte im Internationalen Schaufenster Elektromobilität Berlin-Brandenburg. Online verfügbar unter: <http://www.emo-berlin.de/de/schaufenster/projekte/> (zuletzt abgerufen am 29.09.2015).
- eMO Berliner Agentur für Elektromobilität (2014): Internationales Schaufenster Elektromobilität Berlin-Brandenburg. Online verfügbar unter: <http://www.emo-berlin.de/de/schaufenster/ueberblick/> (zuletzt abgerufen am 18.12.2014).
- e-mobil BW GmbH (2015): Projekte. LivingLab BWWe mobil, online verfügbar unter: <http://www.livinglab-bwe.de/projekte/> (zuletzt abgerufen am 29.09.2015).
- e-mobil BW - Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg GmbH (2012): Spitzencluster Elektromobilität Süd-West. Online verfügbar unter: <http://www.e-mobilbw.de/> (zuletzt abgerufen am 01.05.2012).
- e-mobil BW - Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg GmbH; Wirtschaftsförderung Region Stuttgart (WRS) (2014): LivingLab BW^e mobil. Die Projekte des baden-württembergischen Schaufensters Elektromobilität stellen sich vor, Stuttgart 2014, online verfügbar unter: http://www.e-mobilbw.de/files/e-mobil/content/DE/Publikationen/PDF/Schaufenster_Projektuebersicht_RZ_Web-Dez14.pdf (zuletzt abgerufen am 17.12.2014).
- EnBW (2016): EnBW E-Mobilität. Online verfügbar unter: <https://www.enbw.com/privatkunden/tarife-und-produkte/e-mobilitaet/index.html> (zuletzt abgerufen am 22.03.2016).
- ENTEKA AG (2015): Well2Wheel. Integration von Elektromobilität in Verteilnetze, 2013-2015, online verfügbar unter: <http://www.well2wheel.de/> (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).
- E.ON (2015): Solar & eMobil. E.ON eMobil, Das Mobilitätskonzept der Zukunft, online verfügbar unter: <https://www.eon.de/pk/de/solar-und-emobil/eon-emobil.html> (zuletzt abgerufen am 23.01.2015).

- Ernste, Huib (2001): Von Innovationen für den Raum via Innovationen im Raum zu Raum für Innovationen. In: Schwinges, Rainer C.; Messerli, Paul; Mürger, Tamara (Hrsg.): Innovationsräume. Woher das Neue kommt – in Vergangenheit und Gegenwart, Akademische Kommission Universität Bern, vdf, Zürich 2001, S. 117-138.
- ESEA – Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, TU Wien (2014): DEFINE – Development of an Evaluation Framework for Introduction of Electromobility. Letzte Änderung: 07. November 2014, online verfügbar unter: <http://www.ea.tuwien.ac.at/projekte/define/> (zuletzt abgerufen am 15.09.2015).
- Europa: Das Portal der Europäischen Union (2012): Politikfelder. Klimaschutz, letzte Aktualisierung: 07/02/2012, online verfügbar unter: http://europa.eu/pol/clim/index_de.htm (zuletzt abgerufen am 23.02.2012).
- Europäische Kommission (EK) (2015): Historische Einigung bei Pariser Klimakonferenz: Ein Erfolg für Europa und die Welt. Presse, Meldungen, 14.12.2015, online verfügbar unter: http://ec.europa.eu/deutschland/press/pr_releases/13861_de.htm (zuletzt abgerufen am 15.02.2016).
- Etzkowitz, Henry; Leydesdorff, Loet (2000): The dynamics of innovation: From National Systems and „Mode 2“ to a Triple Helix of university-industry-government relation, in: Reserach Policy 29/ 2000, S. 109-123.
- Eversafe (2015): Welcome to Eversafe! Online verfügbar unter: <http://www.eversafe-project.eu/> (zuletzt abgerufen am 15.09.2015).
- Expo Fortschrittsmotor Klimaschutz (2015): Unterwegs in Dortmund. Online verfügbar unter: <http://www.klimaexpo.nrw/projekte-vorreiter/vorreitergefunden/metropole/> (zuletzt abgerufen am 06.10.2015).
- EWE (2014): Stromtankstellen im Nordwesten. Das Stromtankstellen-Netz von EWE und swb, online verfügbar unter http://www.ewe.de/kunden/download/formularcenter/erdgas_als_kraftstoff/Uebersichtskarte_Stromtankstellen_EWE-SWB_11_2014.pdf (zuletzt abgerufen am 23.01.2015)
- Fachhochschule Bingen (2011): Bingen auf dem Weg in die Elektromobilität. Erste Testfahrt eines Elektrobusses in Rheinland-Pfalz, Pressemitteilungen, Presse, Bingen, 23.11.2011, online verfügbar unter: <https://www.fh-bingen.de/presse/mitteilungen/archiv/2011/artikel/details/Bingen-auf-dem-Weg-in-die-elektromobile-Zukunft.html> (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).
- Fagerberg, Jan (2005): Innovation. A Guide to the Literature, Kapitel 1, in: Fagerberg, Jan; Mowery, David C.; Nelson, Richard R. (Hrsg.): The Oxford Handbook of Innovation, Oxford University Press, New York 2005, S. 1-26.

- FAST (2015): Future Automotive Industry Structure (FAST) 2015 – die neue Arbeitsteilung in der Automobilindustrie, Studie des Fraunhofer-Instituts und von Mercer Management Consulting, Frankfurt am Main 2015.
- Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ) (2013a): Entscheidung über CO₂-Grenzwerte für Neuwagen vertagt. 14.10.2013, online verfügbar unter: <http://www.faz.net/agenturmeldungen/adhoc/entscheidung-ueber-co2-grenzwerte-fuer-neuwagen-vertagt-12617965.html> (zuletzt abgerufen am 13.11.2013).
- Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ) (2013b): VW verzögert E-Autos in China. Technik & Motor, 21.11.2013, online verfügbar unter: <http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/auto-verkehr/elektromodell-carely-vw-verzoegert-e-autos-in-china-12674977.html> (zuletzt abgerufen am 14.07.2014).
- Focus Online (2014a): E-Smart: Drei Meter mit Strom. Smart fortwo electric Drive, 31 Juli 2014, online verfügbar unter: http://www.focus.de/auto/elektroauto/smart-fortwo-electric-drive-e-smart-drei-meter-mit-strom_id_3721476.html (zuletzt abgerufen am 17.02.2015).
- Focus Online (2014b): Elektro-Käfer: Der VW e-Up. VW e-Up, 07. Mai 2014, online verfügbar unter: http://www.focus.de/auto/fahrberichte/elektroautos/vw-e-up-elektro-kaefer-der-vw-e-up_id_3701958.html (zuletzt abgerufen am 17.05.2015).
- Focus Online (2009): Umgerüsteter Elektro-Kleinwagen für den Straßenverkehr zugelassen. 22.12.2009, online verfügbar unter: http://www.focus.de/auto/news/pkw-umgeruesteter-elektro-kleinwagen-fuer-strassenverkehr-zugelassen_aid_465371.html (zuletzt abgerufen am 20.11.2014)
- Forum ElektroMobilität (2013): Nationale Plattform Elektromobilität. Online verfügbar unter: <http://www.forum-elektromobilitaet.de/flycms/de/web/146/-/Nationale+Plattform+Elektromobilitaet.html> (zuletzt abgerufen am 13.11.2013).
- Fraunhofer (2015a): Systemforschung Elektromobilität. Online verfügbar unter: <http://www.elektromobilitaet.fraunhofer.de/> (zuletzt abgerufen am 26.05.2015).
- Fraunhofer (2015b): Forum ElektroMobilität e.V.. Online verfügbar unter: <http://www.forum-elektromobilitaet.de/flycms/de/web/1/-/Startseite.html> (zuletzt abgerufen am 01.06.2015).
- Fraunhofer (2015c): FORELMO – Projektübersicht. Bayerischer Forschungsverbund für Elektromobilität, online verfügbar unter: <http://www.forelmo.de/de/projektuebersicht.html> (zuletzt abgerufen am 21.08.2015).
- Fraunhofer (2013a): Fortschritt rund ums Auto. Mobilität und Verkehr, online verfügbar unter: <http://www.fraunhofer.de/de/fraunhofer-forschungsthemen/verkehr-mobilitaet/fortschritt-rund-ums-auto.html> (zuletzt abgerufen am 20.10.2013).

- Fraunhofer (2013b): Wertstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – Zentrum für Batterieforschung in Dresden expandiert. Presseinformation (Nr. XIII) _ Fraunhofer IWS Dresden, 14.06.2013, online verfügbar unter: http://www.iws.fraunhofer.de/de/presseundmedien/presseinformationen/2013/presseinformation_2013-13.html (zuletzt abgerufen am 24.08.2015).
- Fraunhofer Automobil (2013): Fraunhofer-Allianz AutoMOBILproduktion. Online verfügbar unter: <http://www.automobil.fraunhofer.de/index.html> (zuletzt abgerufen am 20.10.2013).
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (2015a): www.elektromobilisiert.de. Fraunhofer IAO elektromobilisiert Fuhrparkflotten, online verfügbar unter: <http://www.muse.iao.fraunhofer.de/de/unsere-projekte/verbundprojekte/www-elektromobilisiert-de.html> (zuletzt abgerufen am 06.10.2015).
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (2015b): Ludwigsburg intermodal. Yoloma – your local market, online verfügbar unter: <http://www.muse.iao.fraunhofer.de/de/unsere-projekte/verbundprojekte/ludwigsburg-intermodal.html> (zuletzt abgerufen am 08.10.2015).
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (2015c): Urbaner Logistischer Wirtschaftsverkehr. Online verfügbar unter: <http://www.muse.iao.fraunhofer.de/de/unsere-projekte/verbundprojekte/urbaner-logistischer-wirtschaftsverkehr.html> (zuletzt abgerufen am 16.10.2015).
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Institut für Fahrzeugkonzepte (DLR-FK); IMU Institut (2012): Elektromobilität und Beschäftigung (ELAB). Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung, Düsseldorf 2012, online verfügbar unter: <http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/studien/elab-zusammenfassung.pdf> (zuletzt abgerufen am 18.09.2012).
- Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) (2015): Elmo – Leuchtturmprojekt der Elektromobilität. Online verfügbar unter: http://www.iml.fraunhofer.de/de/themengebiete/verkehrslogistik/themen_transportverkehrlogistik/Elmo.html (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).
- Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (ISI) (2010): Vorläufige Forschungsergebnisse: Erste Erkenntnisse zu technischen Änderungen bei Elektrofahrzeugen, online verfügbar unter: <http://isi.fraunhofer.de/isi-de/index.php>, (zuletzt abgerufen am 01.12.2010).

- Freeman, Christopher (1988): Japan: A New national System of Innovation. In: Dosi, Giovanni; Freeman, Christopher; Nelson, Richard R.; Silverberg, Gerald; Soete, Luc (Hrsg.): Technical Change and Economic Theory. Pinter Publishers, London 1988, S. 331-348.
- Freeman, Christopher (1987): Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan. Frances Pinter, London 1987.
- Freeman, Christopher; Lundvall, Bengt-Åke (Hrsg.) (1988): Small countries facing the technological revolution. Pinter Publishers, London 1988.
- Freeman, Christopher; Perez, Carlota (1988): Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour. In: Dosi, Giovanni; Freeman, Christopher; Nelson, Richard R.; Silverberg, Gerald; Soete, Luc (Hrsg.): Technical Change and Economic Theory. Pinter Publishers, London 1988, S. 38-66.
- Freyssenet, Michel (2009) (Hrsg.): The Second Automobile Revolution. Trajectories of the World Carmakers in the 21st Century, GERPISA, Palgrave MacMillan, Basingstroke, Hampshire 2009.
- Freyssenet, Michel (2010): A Second Automotive Revolution? Firms Strategies and Public Policies, The Greening of the Global Auto Industry in a Period of Crisis, 18th International GERPISA Colloquium, Berlin 9-11 June 2010.
- Fuhse, Jan (2009): Lässt sich die Netzwerkforschung besser mit der Feldtheorie oder der Systemtheorie verknüpfen? In: Häußling, Roger (Hrsg.): Grenzen von Netzwerken. VS Verlag, Wiesbaden 2009, S. 55-80.
- Fuhse, Jan (2006): Systemtheorie. In: Schmitz, Sven-Uwe; Schubert, Klaus (Hrsg.): Einführung in die Politische Theorie und Methodenlehre. Barbara Budrich, Opladen 2006, S. 289-304.
- Geels, Frank W.; Kemp, René (2007): Dynamics in Socio-technical Systems: Typology of Change Processes and Contrasting Case Studies, in: Technology in Society 29/2007, S. 441-455.
- Geels, Frank W.; Schot, Johan (2007): Typology of Sociotechnical Transition Pathways. In: Research Policy 36/2007, S. 399-417.
- Geels, Frank W. (2005): Technological Transitions and System Innovations. A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis, Edward Elgar, Cheltenham 2005.
- Gerlach, Frank; Ziegler, Astrid (2005): Innovationen in Wirtschaft und Gesellschaft. In: WSI Mitteilungen 3/2005, S. 118-120.
- German E-Cars (2014): German E-Cars. Online verfügbar unter: <http://www.german-e-cars.de>, (zuletzt abgerufen am 22.11.2014).
- Germany Trade & Invest (2013): Wirtschaftsdaten kompakt: Deutschland, Stand: Mai/2013, online verfügbar unter: http://www.gtai.de/GTAI/Content/DE/Trade/Fachdaten/MKT/2008/07/mkt200807555574_159860.pdf (zuletzt abgerufen am 01.09.2013).

- Godin, Benoit; Gingras, Yves (2000): The place of universities in the system of knowledge production. In: Research Policy 29/2000, S. 273-278.
- Gottschalk, Bernd (2006): Automobilindustrie als Leitindustrie in der globalen Wirtschaft, In: Bernd Gottschalk; Ralf Kalmbach (Hrsg.): Mastering the Automotive Challenges, München 2006, S. 3-30.
- Graff, Andreas; Steiner, Josephine; Wolter, Frank; Würbel, Iris (2015): Carsharing. Elektrische Flotten auf den Straßen von Berlin und Brandenburg, in: Deine Bahn 1/2015, S. 46-49.
- Granovetter, M. (1973): The Strength of Weak Ties, in: American Journal of Sociology 78/1973, S. 1360-1380.
- GreenGear – Das Auto der Zukunft – Alternative Kraftstoffe und Antriebe (2014): Marktübersicht 2013: Elektroautos, online verfügbar unter: <http://www.greengear.de/elektroauto-marktuebersicht-2013/> (zuletzt abgerufen am 27.04.2014).
- Greenpeace Energy (2011): Projekt zur Elektromobilität mit Fahrrädern gestartet. Elektrofahrrad statt Auto, Presse, 25.01.2011, online verfügbar unter: [http://www.greenpeace-energy.de/nc/presse/artikel/article/projekt-zu-elektromobilitaet-mit-fahraedern-gestartet.html?cHash=2fda76671370cec767b96e0239840e92&sword_list\[0\]=elektromobilit%C3%A4t](http://www.greenpeace-energy.de/nc/presse/artikel/article/projekt-zu-elektromobilitaet-mit-fahraedern-gestartet.html?cHash=2fda76671370cec767b96e0239840e92&sword_list[0]=elektromobilit%C3%A4t) (zuletzt abgerufen am 11.09.2015).
- Greenpeace Energy (2010): Carsharing mit echtem Ökostrom. Greenpeace Energy und cambio CarSharing starten Elektromobilität in Hamburg, Presse, 16.11.2010, online verfügbar unter: [http://www.greenpeace-energy.de/nc/presse/artikel/article/carsharing-mit-echtem-oekostrom.html?cHash=5be25fc59b9e5749ebc1752fed10170c&sword_list\[0\]=elektromobilit%C3%A4t](http://www.greenpeace-energy.de/nc/presse/artikel/article/carsharing-mit-echtem-oekostrom.html?cHash=5be25fc59b9e5749ebc1752fed10170c&sword_list[0]=elektromobilit%C3%A4t) (zuletzt abgerufen am 11.09.2015).
- Handelsblatt (2011a): Bei Ecocraft wird das Geld knapp. Elektrische Nutzfahrzeuge, 27.06.2011, online verfügbar unter: <http://www.handelsblatt.com/auto/nachrichten/elektrische-nutzfahrzeuge-bei-ecocraft-wird-das-geld-knapp/4328500.html> (zuletzt abgerufen am 05.10.2015).
- Handelsblatt (2011b): Vision Elektromobilität. Nr. 26, Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf 7. Februar 2011, S. 26-31.
- Handelsblatt (2009a): Abwrackprämie. Die geschredderte Vernunft, von Michael Brackmann und Jens Münchrath, 24.12.2009, online verfügbar unter: <http://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/abwrackpraemie-die-geschredderte-vernunft/3333462.html> (zuletzt abgerufen am 11.11.2013).
- Handelsblatt (2009b): Volkswagen kooperiert mit Toshiba. Immer mehr Duos im Rennen ums Elektroauto, 14.02.2009, online verfügbar unter: <http://www.handelsblatt.com/auto/test->

[technik/volkswagen-kooperiert-mit-toshiba-immer-mehr-duos-im-rennen-ums-elektroauto/3111148.html](http://www.technik/volkswagen-kooperiert-mit-toshiba-immer-mehr-duos-im-rennen-ums-elektroauto/3111148.html) (zuletzt abgerufen am 14.07.2014).

Hannover.de - Offizielles Informationssystem der Landeshauptstadt sowie der Region Hannover (2015): PedBlitz Hannover. Pedelecverleih, zuletzt aktualisiert: 04.09.2015, online verfügbar unter: <http://www.hannover.de/Service/Mobil-in-Hannover/PedsBlitz-Hannover> (zuletzt abgerufen am 20.10.2015).

Hanselka, Holger; Jöckel, Michael (2010): Elektromobilität – Elemente, Herausforderungen, Potentiale. In: Hüttl, Reinhard; Pischetsrieder, Bernd; Spath, Dieter (Hrsg.): Elektromobilität. Potentiale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen, acatech diskutiert, Springer, Berlin/ Heidelberg 2010, S. 21-38.

Hartley, Jean (2004): Case study research. In: Cassell, Catherine; Symon, Gillian (Hrsg.): Essential guide to qualitative methods in organizational research. Sage, London 2004, S. 323-333.

Harz.EE-Mobility (2015): Harz.EE-Mobility, online verfügbar unter: <http://www.harzee-mobilitaetsforum.de/> (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).

Heigl, Katrin M.; Rennhak, Carsten (2008): Zukünftige Wettbewerbsstrategien für Automobilzulieferer. Chancen und Risiken der dritten Revolution in der Automobilindustrie, Reutlinger Schriften zu Marketing & Management, hrsg. von C. Rennhak, Bd. 3, ibidem-Verlag, Stuttgart 2008.

Heinz-Piest-Instituts für Handwerkstechnik an der Leibniz Universität Hannover (HPi) (2015): ZieLE. Zielgruppenorientierte Lehr- und Lerninfrastruktur für die Elektromobilität, online verfügbar unter: <http://www.ziele-elektromobilitaet.de/index.php?id=90> (zuletzt abgerufen am 09.10.2015).

Heitland, Herbert (2007): Alternativen im Verkehr. Abschätzung ihrer Chancen und Risiken durch PC-Simulationsmodelle, Franke & Timme, Berlin 2007.

Hildermeier, Julia; Villareal, Axel (2011): Sustainable Development as a strategic challenge for car makers and governments: Politics on the Battery Electric Car in Germany and France, Is the Second Automobile Revolution on the Way? 19th International Gerpisa Colloquim, Paris, 8/9/10 June 2011.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2009): Wirtschafts- und Industriesoziologie. Grundlagen, Fragestellungen, Themenbereiche, 2. Aufl., Juventa Verlag: Weinheim, München 2009.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2008): Innovationspolitik: Die Hightech-Obsession, Soziologische Arbeitspapiere Nr. 22/2008, Technische Universität Dortmund, August 2008.

Horizont (2011): Report Automarketing I, 13/2011, Deutscher Fachverlag, Frankfurt, 31.März 2011.

Hotz-Hart, Beat (2001): Innovations-Netzwerke und Regionen im Zeitalter der Globalisierung. In: Schwinges, Rainer C.; Messerli, Paul; Münger, Tamara (Hrsg): Innovationsräume. Woher das

- Neue kommt – in Vergangenheit und Gegenwart, Akademische Kommission Universität Bern, vdf, Zürich 2001, S. 155-170.
- Howaldt, Jürgen; Schwarz, Michael (2010): „Soziale Innovation“ im Fokus. Skizze eines gesellschaftstheoretisch inspirierten Forschungskonzepts, transcript Verlag: Bielefeld 2010.
- Howaldt, Jürgen; Kopp, Ralf; Schwarz, Michael (2008): Innovationen (forschend) gestalten – Zur neuen Rolle der Sozialwissenschaften, in: WSI Mitteilungen 2/2008, S. 63-69.
- hySOLUTIONS GmbH (2015): Elektromobilität. Hamburg fährt mit grünem Strom, online verfügbar unter: <http://www.elektromobilitaethamburg.de/> (zuletzt abgerufen am 02.10.2015).
- IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (2014): Flottenversuch Elektromobilität. Fahrzeugkonzepte, Verkehr & Umwelt, letzte Änderung: 21.05.2014, online verfügbar unter: http://www.ifeu.org/index.php?bereich=ver&seite=flottenversuch_elektromobilitaet (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).
- IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (2009): Abwrackprämie und Umwelt – eine erste Bilanz, im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Heidelberg, 31. August 2009.
- IFP Energies nouvelles (IFPEN) (2011): SSelectRA, online verfügbar unter: https://admin-prisme-internet.ifpen.fr/Projet/jcms/xnt_79165/en/sselectra (zuletzt abgerufen am 15.09.2015).
- Institut für Physikalische Chemie, AK Prof. Dr. M. Winter (2011): LIB 2015 BMBF Innovationsallianz. Projekte. Stand 2011, online verfügbar unter: <http://www.lib2015.de/projekte.php> (zuletzt abgerufen am 24.08.2015).
- Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr (ISB), RWTH Aachen University (2015): Willkommen bei emove. Online verfügbar unter: <http://www1.isb.rwth-aachen.de/eMove/index.php?id=start> (zuletzt abgerufen am 06.10.2015).
- Innovations-report (2009-2013). Forum für Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft: News zu Automotive, online verfügbar unter: http://www.innovations-report.de/berichte/berichte_liste.php?show=19 (zuletzt abgerufen am 28.10.2013).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report, online verfügbar unter: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf, abgerufen am 21.09.2011.
- International Energy Agency (IEA) (2012): CO2 Emissions from Fuel Combustion. Highlights, Paris, online verfügbar unter: <http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf> (zuletzt abgerufen am 12.11. 2013).
- International Energy Agency (IEA) (2011a): Oil Market Report. Tables, online verfügbar unter: <http://omrpublic.iea.org/tablesearch.asp> (zuletzt abgerufen am 21.09.2011).

- International Energy Agency (IEA) (2011b): World energy Outlook 2011, Presentation to the press, London, 9. November 2011., online verfügbar unter: http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebseite/2011/WEO2011_Press_Launch_London.pdf (zuletzt abgerufen am 23.02.2012).
- International Energy Agency (IEA) (2007): World Energy Outlook 2007. China and India Insights, Paris 2007, online verfügbar unter: http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebseite/2008-1994/weo_2007.pdf (zuletzt abgerufen am 23.02.2012).
- IsarFunk Taxizentrale GmbH & Co. KG (2015): E-Kliniktaxi. Im Rahmen des Forschungsvorhabens E-Plan München, online verfügbar unter: <http://e-kliniktaxi.de/> (zuletzt abgerufen am 09.10.2015).
- iw-dienst Informationen aus dem Institut der deutschen Wirtschaft (iwd) (2011): Erst Mut, dann Skepsis, Ausgabe 28, 37. Jahrgang, Köln 14.07.2011, S. 1-2.
- Jänicke, Martin; Lindemann, Stefan (2009): Innovationsfördernde Umweltpolitik. In: Eifert, Martin; Hoffmann-Riem, Wolfgang (Hrsg.): Innovationsfördernde Regulierung. Innovation und Recht II, Duncker & Humblot: Berlin 2009, S. 171-195.
- Jürgens, Ulrich; Blöcker, Antje; MacNeil, Stewart (2010): Knowledge processes and networks in the automotive sector. In: Cooke, Philip; De Laurentis, Carla; MacNeil, Stewart; Collinge, Chris (Hrsg.): Platforms of Innovation. Dynamics of New Industrial Knowledge Flows, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, S. 205-231.
- Jürgens, Ulrich; Sablowski, Thomas (2008): Sektorale Innovationsprozesse und die Diskussion über deutsche Innovationsschwäche. edition der Hans-Böckler-Stiftung 204, Wirtschaft und Finanzen, Düsseldorf 2008.
- Jürgens, Ulrich; Meißner, Heinz-Rudolf (2005): Arbeiten am Auto der Zukunft. Produktinnovationen und Perspektiven der Beschäftigung, Sigma, Berlin 2005.
- KARABAG Elektrofahrzeuge (2014): KARABAG Elektrofahrzeuge. Online verfügbar unter: <http://www.elektroauto-karabag.de/start/> (zuletzt abgerufen am 04.01.2014).
- Karrierefürer (2013): Studiengänge. Studiengänge mit Schwerpunkt Automobil, online verfügbar unter: <http://www.karrierefuehrer.de/automobile/studiengaenge/studiengaenge-mit-schwerpunkt-automobil.html#2> (zuletzt abgerufen am 17.10.2013).
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2015a): Wenige Automobil-Hersteller bestimmen den Elektro-Markt. Umwelt, Neuzulassungen, online verfügbar unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/2014_n_kurzbericht_umwelt.html?nn=652326 (zuletzt abgerufen am 09.04.2015).

- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2015b): Bestand am 1. Januar 2015 nach ausgewählten Kraftstoffarten. Umwelt, Bestand, online verfügbar unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2014_b_umwelt_dusl_absolut.html?nn=663524 (zuletzt abgerufen am 28.08.2015).
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2015c): Bestand an Pkw am 1. Januar 2015 gegenüber 1. Januar 2014 auf 1.000 Einwohner (Diagramm). Fahrzeugklassen und Aufbauarten, Bestand, online verfügbar unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/2015_b_pkw_bundeslaender_diagramm.html?nn=652402 (zuletzt abgerufen am 29.10.2015).
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2015d): Bestand in den Jahren 1960 bis 2015 nach Fahrzeugklassen. Fahrzeugklassen und Aufbauarten, Bestand, online verfügbar unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/b_fzkl_zeitreihe.html?nn=652402 (zuletzt abgerufen am 29.10.2015).
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2015e): Zahlen des Jahres 2014 im Überblick. Neuzulassungen, online verfügbar unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/neuzulassungen_node.html (zuletzt abgerufen am 29.10.2015).
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2015f): Neuzulassungen im Jahr 2014 nach Marken, Herstellern. Marken und Hersteller, Neuzulassungen, online verfügbar unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MarkenHersteller/marken_hersteller_node.html (zuletzt abgerufen am 29.10.2015).
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2014a): Jahresbilanz. Fahrzeugzulassungen im Dezember 2013, Pressemitteilung Nr. 02/2014, online verfügbar unter: http://www.kba.de/cIn_031/nn_124832/DE/Presse/Pressemitteilungen/2013/Fahrzeugzulassungen/n_12_13_pm_text.html (zuletzt abgerufen am 18.01.2014).
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2014b): Deutschland und seine Länder am 1. Januar 2014. Umwelt, online verfügbar unter: http://www.kba.de/cIn_031/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2014_b_umwelt_dusl_absolut.html (abgerufen am 27.04.2014).
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2014c): Alternative Antriebe sind gefragt. Umwelt, online verfügbar unter: http://www.kba.de/cIn_031/nn_191064/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/2013_n_kurzbericht_umwelt.html (zuletzt abgerufen am 27.04.2014).
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2010): Jahresbericht 2010. Flensburg, online verfügbar unter: http://www.kba.de/cIn_031/nn_124834/DE/Presse/Jahresberichte/jahresbericht_2010_p

- [df,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/jahresbericht_2010_pdf.pdf](http://www.kba.de/df,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/jahresbericht_2010_pdf.pdf) (zuletzt abgerufen am 20.02.2012).
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2002): Jahrespressebericht 2002. Flensburg, online verfügbar unter: http://www.kba.de/cIn_031/nn_124834/DE/Presse/Jahresberichte/jahresbericht_2002_pdf,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/jahresbericht_2002_pdf.pdf (zuletzt abgerufen am 20.02.2012).
- Kemp, René; Rip, Arie; Schot, Johan (2001): Constructing Transition Paths Through the Management of Niches. In: Garud, Raghu; Karnoe, Peter (Hrsg.): Path Dependence and Creation. Lawrence Erlbaum, Mahwah/ London 2001, S. 269-299.
- KIT Karlsruher Institut für Technologie (2015a): Elektromobilität. Verbundprojekte, PTKA Projektträger Karlsruhe., online verfügbar unter: http://www.produktionsforschung.de/verbundprojekte/verbundprojekte/index.htm?TF_ID=114&show=LIST (zuletzt abgerufen am 24.08.2015).
- KIT Karlsruher Institut für Technologie (2015b): CROME – Cross-border Mobility for EVs. Online verfügbar unter: <http://crome-projekt.de/index.php?id=292> (zuletzt abgerufen am 07.10.2015).
- KIT Karlsruher Institut für Technologie (2014): Forschungsschwerpunkt Elektromobilität (EM). wbk Institut für Produktionstechnik, online verfügbar unter: <http://www.wbk.kit.edu/1843.php> (zuletzt abgerufen am: 30.06.2015).
- KIT Karlsruher Institut für Technologie (2013a): Cross Border Mobility for Electric Vehicles (CROME). Online verfügbar unter: http://www.iip.kit.edu/1064_1623.php (zuletzt abgerufen am 16.04.2013)
- KIT Karlsruher Institut für Technologie (2013b): Elektromobilität im groß angelegten Flottenversuch. Forschungsprojekt Get eReady gestartet, Presseinformation 038/2013, online verfügbar unter: http://www.kit.edu/kit/pi_2013_12749.php (zuletzt abgerufen am 30.06.2015).
- KIT Karlsruher Institut für Technologie (2012): Projekt Competence E. Online verfügbar unter: <http://www.competence-e.kit.edu/index.php> (zuletzt abgerufen am 02.05.2012).
- Kleinhans, Christian (o. J.): Die Zukunft der individuellen Mobilität. In: Automobil Industrie INSIGHT, S. 6-11.
- Kohlbacher, Florian (2005): The Use of Qualitative Content Analysis in Case Study Research [89 Absätze]. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, [Online Journal], Vol. 7, No. 1, Art. 21, Januar 2006, online verfügbar unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0601211> (zuletzt abgerufen am 15.08.2013).
- Kohler, Herbert (2010): Herausforderungen im Bereich Fahrzeugkonzepte und elektrische Antriebssysteme. In: Hüttl, Reinhard; Pischetsrieder, Bernd; Spath, Dieter (Hrsg.): Elektromobilität.

- Potentiale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen, acatech diskutiert, Springer, Berlin/ Heidelberg 2010, S. 75-84.
- Kuhn, Thomas (1996): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, 13. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1996.
- Ladenetz.de (2015): Einstecken, Aufladen, Losfahren. Online unter: <http://www.ladenetz.de/> (zuletzt abgerufen am 23.01.2015).
- Landkreis Göttingen (2015): Gemeinsam die Zukunft steuern. Online verfügbar unter: <http://www.e-mobilitaetvorleben.de/> (zuletzt abgerufen am 09.10.2015).
- Landkreis Goslar (2015): E-Bikes mieten/ E-Motorräder mieten. Online verfügbar unter: <http://www.emobilimharz.de/Schnellnavigation/Startseite> (zuletzt abgerufen am 09.10.2015).
- Lehrstuhl für Kunststofftechnik, Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer (2011): Forschungsprojekt „ProSysEasy“: Wärmeleitfähige Kunststoffe für Batteriegehäuse, Newsletter 01/2011, Erlangen, 01.07.2011, online verfügbar unter: http://www.lkt.uni-erlangen.de/aktuelles/LKT_Newsletter_2011-1.pdf (zuletzt abgerufen am 24.08.2015).
- Leichtmobile (2014): Axiam Elektroauto. Online verfügbar unter: http://leichtmobile.de/index.php/cat/c35_AIXAM-eMobile-AIXAM-eMobile.html (zuletzt abgerufen am 04.01.2014).
- Lengyel, Balázs; Leydesdorff, Loet (2010): Regional Innovation System in Hungary: The failing synergy at a national level, in: Regional Studies, Jg. 45, Heft 5, 2010, S. 677-693.
- Leonard-Barton, Dorothy (1995): Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Source of Innovation, HBS Press, Boston 1995.
- Lerch, Christian; Kley, Fabian; Dallinger, David (2010): New business models for electric cars – a holistic approach, Working Paper Sustainability and Innovation. Fraunhofer ISI, No. S 5/2010.
- Leschus, Leon; Vöpel, Henning; von Kap-herr, Robert; Langer, Michael (2010): Elektromobilität – Entwicklungen und Perspektiven. In: Korthauer, Reiner (Hrsg.): Handbuch Elektromobilität, EW Medien und Kongresse, Frankfurt am Main 2010, S. 43-64.
- LichtBlick SE (2015): FahrStrom von LichtBlick – Die Energiewende wird mobil. Online verfügbar unter: <http://www.lichtblick.de/privatkunden/strom/fahrstrom> (zuletzt abgerufen am 11.09.2015).
- Liker, Jeffrey K. (2005): The Toyota Way. 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer, McGraw-Hill Education, New York 2005.
- Leydesdorff, Loet (2012): The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. February 2012, forthcoming in: Carayannis, Elias; Campbell, David (Hrsg.): Encyclopedia of Creativity,

- Innovation, and Entrepreneurship, Springer: New York, online verfügbar unter: <http://ssrn.com/abstract=1996760> (zuletzt abgerufen am 08.08.2012).
- Leydesdorff, Loet (2005): The Triple Helix Model and the Study of Knowledge-based Innovation Systems, in: International Journal of Contemporary Sociology (IJCS), Bd. 42, Heft 1, 2005, S. 12-28.
- Leydesdorff, Loet; Zawdie, Girma (2010): The Triple Helix Perspective of Innovation Systems. In: Technology Analysis & Strategic Management, Jg. 22, Heft 7, 2010, S. 789-804.
- Luhmann, Niklas (2005): Struktureller Wandel: Die Poesie der Reformen und die Realität der Evolution; in: Jäger, Wieland; Schimank, Uwe (Hrsg.): Organisationsgesellschaft. Facetten und Perspektiven, VS Verlag, Wiesbaden 2005, S. 409-450.
- Luhmann, Niklas (2000): Organisation und Entscheidung, Westdeutscher Verlag, Opladen 2000.
- Luhmann, Niklas (1997, 1998): Die Gesellschaft der Gesellschaft. Suhrkamp, Frankfurt am Main 1997.
- Luhmann, Niklas (1995): Die Kunst der Gesellschaft. Suhrkamp, Frankfurt am Main 1995.
- Luhmann, Niklas (1986a): Ökologische Kommunikation. Kann die Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen? Westdeutscher Verlag, Opladen 1986.
- Luhmann, Niklas (1986b): Systeme verstehen Systeme. In: Luhmann, Niklas; Schorr, Karl E. (Hrsg.): Zwischen Intransparenz und Verstehen. Fragen an die Pädagogik, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1986, S. 72-117.
- Luhmann, Niklas (1984): Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1984.
- Lundvall, Bengt-Åke (1992): National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interacting Learning. Pinter Publishers, London 1992.
- Manager Magazin Online (2013a): Insolvenzantrag: Elektroprojekt Better Place gibt auf, 28.05.2013, online verfügbar unter: <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/a-901960.html> (zuletzt abgerufen am 19.01.2015).
- Manager Magazin Online (2013b): Zinoro. BMW stellt Elektroauto für China vor, 20.11.2013, online verfügbar unter: <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/bmw-brilliance-elektroauto-zinoro-fuer-china-a-934622.html> (zuletzt abgerufen am 14.07.2014).
- Malerba, Franco (2005): Sectoral Systems. How and why innovation differs across sectors, in: Fagerberg, Jan; Mowery, David C.; Nelson, Richard R. (Hrsg.): The Oxford Handbook of Innovation. Oxford University Press, New York 2005, S. 380-406.
- Malerba, Franco (2004): Sectoral Systems of Innovation. Concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe. University Press, Cambridge 2004.
- Malerba, Franco (2002): Sectoral Systems of Innovation and Production, in: Research Policy, Bd. 31, Heft 2, Februar 2002, S. 247-264.

- Martens, Will (2001): Niklas Luhmann: Organisation und Entscheidung. Literaturbesprechung, in: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Jg. 53, 2001, S. 355-360.
- Mayntz, Renate (2009): Geleitwort, in: Blättel-Mink, Birgit; Ebner, Alexander (Hrsg.): Innovationssysteme. Technologien, Institutionen und die Dynamik der Wettbewerbsfähigkeit, VS Verlag, Wiesbaden 2006, S. 7-8.
- Mayntz, Renate (2008): Von der Steuerungstheorie zu Global Governance, in: Schuppert, Gunnar F.; Zürn, Micheal (Hrsg.): Governance in einer sich wandelnden Welt. 1. Aufl., VS Verlag, Wiesbaden 2008, S. 43-60.
- Mayntz, Renate (2006): Governance Theory als fortentwickelte Steuerungstheorie? in: Schuppert, Gunnar F. (Hrsg.), Governance-Forschung. 2. Aufl. Nomos, Baden-Baden, S. 11-20.
- Mayntz, Renate (2005): Embedded Theorizing. Perspectives on Globalization and global Governance, MPIfG Discussion Paper 05/14, Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung Köln, 2005.
- Mayring, Philipp (2000a): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, 7. Aufl., Deutscher Studien Verlag, Weinheim 2000.
- Mayring, Philipp (2000b): Qualitative Inhaltsanalyse [28 Absätze]. Forum Qualitative Sozialforschung/ Forum: Qualitative Social Research [Online Journal], Vol. 1, No. 2, Juni 2000, online verfügbar unter: <http://qualitative-research.net/fqs/fqs-d/2-00inhalt-d.htm> (zuletzt abgerufen am 22.11.2012).
- Mayring, Philipp (1994): Qualitative Inhaltsanalyse. In: Böhm, Andreas; Mengel, Aandreas; Muhr, Thomas (Hrsg.): Texte verstehen: Konzepte, Methoden, Werkzeuge, Universitätsverlag, Konstanz 1994, S. 159-176.
- Mein Elektroauto (2014): Renault senkt die Preise für seine Elektroautos – Batteriemiete wird günstiger. 1. April 2014, online verfügbar unter: <http://www.mein-elektroauto.com/2014/04/renault-senkt-die-preise-fuer-seine-elektroautos-batteriemiete-wird-guenstiger/13390/> (zuletzt abgerufen am 17.02.2015).
- Mercedes-Benz (2015): B-Klasse Sports Tourer Electric Drive. Für das Beste, was vor uns liegt, online verfügbar unter: http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/b-class/w242.flash.html (zuletzt abgerufen am 30.10.2015).
- Mercedes-Benz (2010): "e-mobility Baden-Württemberg" startet: Daimler und EnBW Vorreiter für emissionsfreie Mobilität, Stuttgart/ Karlsruhe, 18.06.2010, online verfügbar unter: http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/bus/home/buses_world/update/news2010/e_mobility.html (zuletzt abgerufen am 08.11.2011).

- Merton, Robert K. (1957): The Role-Set: Problems in Sociological Theory, in: British Journal of Sociology, Vol. 8, 1957, S. 110-120.
- Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg GmbH (2015): Projekte. Unsere Pferdestärken werden elektrisch, eMobilität in Niedersachsen, online verfügbar unter: http://www.metropolregion.de/pages/organisation_themen/themen/verkehr-elektromobilitaet/schaufenster_elektromobilitaet/projekte/index.html (zuletzt abgerufen am 29.09.2015).
- Meyer-Krahmer, Frieder (2000): Forschungs- und Innovationsförderung in der Bundesrepublik Deutschland: Stärken und Schwächen im europäischen und internationalen Vergleich. In: Staroske, Uwe; Wiegand-Kottisch, Maren; Wohlmuth, Karl (Hrsg.): Innovation als Schlüsselfaktor eines erfolgreichen Wirtschaftsstandortes. Nationale und regionale Innovationssysteme im globalen Wettbewerb, LIT, Münster 2000, S. 113-136.
- Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (MFW BW), e-mobil BW – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (Hrsg.) (2011): Strukturstudie BWe Mobil 2011 – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität. Stuttgart 2011, online verfügbar unter: <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/images/downloadbereich/300/strukturstudie-bwe-mobil-2011.pdf> (zuletzt abgerufen am 08.02.2013).
- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr Saarland (2015): e-Mobil Saar, Elektromobilität. Online verfügbar unter: <http://www.saarland.de/SID-BA6A6914-551AF287/118111.htm> (zuletzt abgerufen am 07.10.2015).
- Midler, Christophe; Beaume, Romain (2010): Project-based learning patterns for dominant design renewal: The case of Electric Vehicle. In: International Journal of Project Management, Vol. 28, 2010, S. 142-150.
- Möschel, Wernhard (1994): Innovationspolitik als Ordnungspolitik. In: Ott, Claus; Schäfer, Hans-Bernd (Hrsg.): Ökonomische Analyse der rechtlichen Organisation von Innovation: Beiträge zum IV. Travemünder Symposium zur Ökonomischen Analyse des Rechts (23.-26.März 1994), Mohr, Tübingen 1994, S. 40-59.
- Modellregion Elektromobilität Bremen/ Oldenburg (2013): Aktuelle Projekte. Projekte und Aktivitäten, zuletzt geändert am 11.10.2013, online verfügbar unter: <http://www.modellregion-bremen-oldenburg.de/de/projekte-und-aktivitaeten/aktuelle-projekte.html> (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).
- MotorBrain (2014): Nanoelectronics for Electric Vehicles Intelligent Failsafe PowerTrain. Motorbrain Project, online verfügbar unter: <http://www.motorbrain.eu/> (zuletzt abgerufen am 24.08.2015).

- Motor Presse Stuttgart (2007): Autofahren in Deutschland 2007, 9. Ausg., Stuttgart 2007.
- Multicity Citroën (2015): Die Idee. Online verfügbar unter: <https://www.multicity-carsharing.de/idee/> (zuletzt abgerufen am 02.03.2015).
- Multicity Citroën (2013): Citroën Multicity Carsharing Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.multicity-carsharing.de/> (zuletzt abgerufen am 19.04.2013).
- MVV Energie (2015): Mobilität der Zukunft. Infrastruktur für die Fahrzeuge von morgen, Wir untersuchen effiziente Lösungen für elektrische Mobilität, online verfügbar unter: https://www.mvv-energie.de/de/mvv_energie_gruppe/nachhaltigkeit_2/innovationen_1/mobilitaet_der_zukunft_1/mobilitaetderzukunft.jsp (zuletzt abgerufen am 23.01.2015).
- Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) (2012): Jahresbericht 2012. Magazin zum Jahresbericht 2012, Berlin 2012, online verfügbar unter: http://www.forum-elektromobilitaet.de/assets/mime/b5b58e66faf5c5494991d1f336b6b934/NOW_Jahresbericht_2012.pdf (zuletzt abgerufen am 09.04.2013).
- Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2014): Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung. Berlin Dezember 2014, online verfügbar unter: http://www.bmbf.de/pubRD/NPE_Fortschrittsbericht_2014_barrierefrei.pdf (zuletzt abgerufen am 01.02.2015).
- Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2012): Fortschrittsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (Dritter Bericht). Berlin Mai 2012, online verfügbar unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht_emob_3_bf.pdf (zuletzt abgerufen am 30.03.2014).
- Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2011): Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität. Berlin Mai 2011, online verfügbar unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht_emob_2.pdf (zuletzt abgerufen am 25.05.2011).
- Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2010): Zwischenbericht der Nationale Plattform Elektromobilität, Berlin 30.11.2010, online verfügbar unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht_emob_bf.pdf (zuletzt abgerufen am 02.12.2010).

- Naturstrom – Energie mit Zukunft (2015): Elektromobilität. Nachhaltig mobil mit naturstrom, online verfügbar unter: <https://www.naturstrom.de/privatkunden/strom/elektromobilitaet/> (zuletzt abgerufen am 11.09.2015).
- Nelson, Richard R. (1994): Economic Growth via the Coevolution of Technology and Institutions. In: Leydesdorff, Loet; Van den Besselaar, Peter (Hrsg.): Evolutionary Economics and Chaos Theory: New Directions in Technology Studies. Pinter Publishers, London 1994, S. 21-32.
- Nelson, Richard R. (1993) (Hrsg.): National Systems of Innovation: A Comparative Study, Oxford University Press, Oxford 1993.
- Nelson, Richard R. (1988): Institutions Supporting Technical Change in the United States. In: Dosi, Giovanni; Freeman, Christopher; Nelson, Richard R.; Silverberg, Gerald; Soete, Luc (Hrsg.): Technical Change and Economic Theory. Pinter Publishers, London 1988.
- Nelson, Richard R.; Winter, Sidney G. (1996). An Evolutionary Theory of Economic Change. 6. Print, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1996.
- Nelson, Richard R.; Winter, Sidney G. (1982): An Evolutionary Theory of Economic Change. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1982.
- Ohno, Taiichi (1988): Toyota Production System – Beyond Large-Scale Production. Productivity Press, Cambridge Mass. 1988.
- Opel (2011):Elektromobile Vielfalt, Rüsselsheim April 2011.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (1993): Frascati Manual. Paris 1993.
- Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) (2011): Annual Statistical Bulletin 2010/11, online verfügbar unter: http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/ASB2010_2011.pdf (zuletzt abgerufen am 21.09.2011).
- Paritätischer Wohlfahrtsverband (2014): Pressespiegel, 28.03.2014, online verfügbar unter: http://www.paritaetischer.de/handle404?exporturi=/export/sites/default/landesverband/to/aktuelles/news/Pressespiegel/Pressespiegel_2014-03-28.pdf&time=1444395398849 (zuletzt abgerufen am 09.10.2015).
- Pavitt, Keith (1984): Patterns of Technological Change: Towards a Taxonomy and a Theory, Research Policy, Vol. 13, 1984, S. 343-374.
- Peter, Viola (2001): Institutionen im Innovationsprozess. Eine Analyse anhand der biotechnologischen Innovationssysteme in Deutschland und Japan, Physica-Verlag, Heidelberg 2001.
- Porter, Michael E. (1999): Nationale Wettbewerbsvorteile. Ueberreuter, Frankfurt am Main 1999 (aus dem Englischen: The Competitive Advantage of Nations, Macmillan: New York 1989).

- Powell, Walter W.; Grodal, Stine (2005): Networks of Innovators. In: Fagerberg, Jan; Mowery, David C.; Nelson, Richard R. (Hrsg.): The Oxford Handbook of Innovation, Oxford University Press, New York 2005, S. 56-85
- Probst, Gilbert; Raub, Steffen; Romhardt, Kai (1999): Wissen managen. Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen, 3. Aufl., Gabler, Frankfurt am Main 1999.
- Produktion – Technik und Wirtschaft für die deutsche Industrie (2014): Daimler: Abschied vom Carbon-Geschäft. Automotive, 11. März 2014, online verfügbar unter: <http://www.produktion.de/nachrichten/unternehmen-maerkte/daimler-abschied-vom-carbon-geschaeft-264.html> (abgerufen am 04.09.2015).
- Radics, Andreas (o. J.): Neuordnung der Wertschöpfungskette. In: Automobil Industrie INSIGHT, S. 12-15.
- Rammert, Werner (2010): Die Innovationen der Gesellschaft. In: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (Hrsg.): Soziale Innovation. Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, 1. Aufl., VS Verlag, Wiesbaden 2000, S. 21-51.
- Rammert, Werner (2008): Technik und Innovation. The Technical University Studies Working Papers, TUT-WP-1-2008, Berlin 2008.
- Rammert, Werner (2000): Technik aus soziologischer Perspektive. Bd. 2, Westdeutscher Verlag, Opladen 2000.
- Rammler, Stefan (2011): Elektromobilität als Systeminnovation: Neue Perspektiven für Klima, Wirtschaft und Gesellschaft, in: Rammler, Stefan; Weider, Marc (Hrsg.): Das Elektroauto. Bilder für eine zukünftige Mobilität. Lit, Berlin 2011, S. 13-24.
- Reckien, Diana; Grothmann, Thorsten (2009): Der Klimawandel – Global und in Deutschland. In: Grothmann, Torsten; Krömker, Dörthe; Homburg, Andreas; Siebenhüner, Bernd (Hrsg.): Kyoto^{Plus}-Navigator. Praxisleitfaden zur Förderung von Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Erfolgsfaktoren, Instrumente, Strategie. Downloadfassung April 2009, online verfügbar unter: http://www.erklm.uni-oldenburg.de/download/KyotoPlusNavigator_Downloadfassung_April2009_090419.pdf (zuletzt abgerufen am 07.06.2012).
- Renault Deutschland (2015): Twizy. Z.E. Battery, online verfügbar unter: <http://www.renault.de/renault-modellpalette/ze-elektrofahrzeuge/twizy/twizy/ze-battery.jsp> (zuletzt abgerufen am 17.02.2015).
- Renn, Ortwin; Kastenholz, Hans G. (1996): Ein regionales Konzept nachhaltiger Entwicklung. In: GAIA - Ökologische Perspektiven in Natur-, Geistes- und Wirtschaftswissenschaften 2, 1996, S. 86-102

- RheinEnergie (2015): cologneE-Mobil. Elektromobilitätslösungen für NRW, online verfügbar unter: <http://cologne-mobil.de/> (zuletzt abgerufen am 05.10.2015).
- RheinEnergie (2014): Elektromobilität. Köln wird immer e-mobiler, KlimaKreis Köln Newsletter, Ausgabe 1/2014, online unter: http://www.rheinenergie.com/de/unternehmensportal/umwelt_klima/klimaschutz_1/newsletter_1/elektromobilitaet/newsletter_e_mobil.php (zuletzt abgerufen am 23.01.2015).
- Rip, Arie (2002): Co-Evolution of Science, Technology and Society. Enschede 2002, online verfügbar unter: <http://www.sciencepolicystudies.de/dok/expertise-rip.pdf> (zuletzt abgerufen am 07.09.2010).
- Rip, Arie; Kemp, René (1998): Technological Change. In: Rayner, Steve; Malone, Elizabeth L. (Hrsg.): Human Choice and Climate Change. Vol. 2: Resources and Technology. Batelle Press, Columbus 1998, S. 327-399.
- Roland Berger Strategy Consultants; Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen (FKA) (2014): E-mobility index for Q1/2014. February 2014, online verfügbar unter: http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_E_mobility_index_2014_20140301.pdf.
- Rosenkopf, Lori; Tushman, Michael L. (1994): The Coevolution of Technology and Organization. In: Baum, Joel A. C./Sigh, Jitendra V. (Hrsg.): Evolutionary Dynamics of Organizations. Oxford University Press, New York 1994, S. 403-424.
- RWE Effizient GmbH (2015): metropol-E. Elektromobilität Rhein-Ruhr, online verfügbar unter: <http://www.metropol-e.de/index.html> (zuletzt abgerufen am 25.08.2015).
- RWE eMobility 2014: VoRWEg gehen mit RWE eMobility. Online verfügbar unter: <https://www.rwe-mobility.com/web/cms/de/1157924/rwe-emobility/> (zuletzt abgerufen am 05.12.2014).
- RWTH Aachen University (2015a): Geschäftsstelle Elektromobilität. Online verfügbar unter: <http://www.gse.rwth-aachen.de/>, (zuletzt abgerufen am 13.04.2015).
- RWTH Aachen University (2015b): Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. Online verfügbar unter: <http://www.wiwi.rwth-aachen.de/cms/~hzj/Wirtschaftswissenschaften/> (zuletzt abgerufen am 20.04.2015).
- RWTH Aachen University (2014): PEM Jahresbericht 2014. Chair of Production Engineering of E-Mobility Components. Online verfügbar unter: http://www.pem.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaamfwdi (zuletzt abgerufen am 14.04.2015).
- RWTH Aachen University (2012): Geschäftsstelle Elektromobilität. Online verfügbar unter: <http://www.gse.rwth-aachen.de/>, (zuletzt abgerufen am 11.01.2012).

- Sauter-Servaes, Thomas (2011): Technikgeneseleitbilder der Elektromobilität. In: Rammler, Stefan; Weider, Marc (Hrsg.): Das Elektroauto. Bilder für eine zukünftige Mobilität. Lit, Berlin 2011, S. 25-40.
- Schad, Markus (2006): Nachhaltige Ölkrise? Die verschiedenen Einschätzungen der Ölpreisentwicklung und die Rezeption ihrer Konsequenzen in den Politiken Mineralöl importierender Industriestaaten. Universität Erlangen-Nürnberg, Diplomarbeit, 2006.
- Schade, Wolfgang; Zanker, Christoph; Kühn, André; Kinkel, Steffen; Jäger, Angela; Hettesheimer, Tim; Schmall, Thomas (2012): Zukunft der Automobilindustrie. Innovationsreport. TAB, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim deutschen Bundestag, Arbeitsbericht Nr. 152, September 2012.
- Schimank, Uwe (2007): Theorie gesellschaftlicher Differenzierung, 3. Aufl., VS Verlag: Wiesbaden 2007.
- Schneider, Christian; Bunse, Katharina; Gneiting, Philipp; Sommer-Dittrich, Thomas (2010): Modularisierung aus Sicht der Produktion. Produktionskonzepte für modulare Produkte am Beispiel Automobil, Industrie-Management, Ausg. 26, Heft 1, 2010, S. 57-60.
- Scholl, Gerd; Schulz, Lasse; Süßbauer, Elisabeth; Otto, Siegmund (2010): Nutzen statt Besitzen – Perspektiven für ressourceneffizienten Konsum durch innovative Dienstleistungen. Paper zum Arbeitspaket 12 „Konsumenten- und kundennahe Ressourcenpolitikoptionen“ des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess), Wuppertal August 2010, online verfügbar unter: http://ressourcen.wupperinst.org/downloads/MaRess_AP12_4.pdf (zuletzt abgerufen am 28.04.2014).
- Schott, Benjamin; Püttner, Andreas; Nieder, Thomas; Maas genannt Bermppohl, Fabian; Rohn, Michael; Mey, John (2013): Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland im internationalen Vergleich und Analysen zum Stromverbrauch, online verfügbar unter: http://www.zsw-bw.de/uploads/media/Paper_Monitoring_EMobilitaet_Final_akt.pdf (zuletzt abgerufen am 28.04.2014).
- Schumpeter, Joseph Alois (1964): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, 6. Auflage, Duncker & Humboldt, Berlin 1964.
- Schuppert, Gunnar Folke (2008): Governance – auf der Suche nach Konturen eines „anerkannt uneindeutigen Begriffs“, in: Schuppert, Gunnar F.; Zürn, Michael (Hrsg.): Governance in einer sich wandelnden Welt, 1. Aufl., VS Verlag, Wiesbaden 2008, S. 13-40.
- Schwedes, Oliver (2013): „Objekt der Begierde“. Das Elektroauto im politischen Kräftefeld, in: Keichel, Marcus; Schwedes, Oliver (Hrsg.): Das Elektroauto. Mobilität im Umbruch, Springer, Wiesbaden 2013, S. 45-72.

- Schweizer Electronic AG (2015): HELP – Zuverlässige und kostengünstige Hochtemperatur-Elektronik für die Elektromobilität auf Basis von Leiter-Platten aus hochtemperaturbeständigen Harzsystemen. Online verfügbar unter: <http://www.help-hochtemperaturelektronik.de/home.html> (zuletzt abgerufen am 24.08.2015)
- Siemens (2015): Volvo Busses und Siemens kooperieren bei Elektrobussystemen. Mobility, Berlin, 29. Januar 2015, online verfügbar unter: [http://www.siemens.com/press/de/pressemitteilungen/?press=/de/pressemitteilungen/2015/mobility/pr2015010104mode.htm&content\[\]=MO](http://www.siemens.com/press/de/pressemitteilungen/?press=/de/pressemitteilungen/2015/mobility/pr2015010104mode.htm&content[]=MO) (zuletzt abgerufen am 08.09.2015).
- Simmel, Georg (1954): Conflict and the Web of Group Affiliations, The Free Press: Glencoe, Ill. 1954.
- Smith, Adrain; Stirling, Andy; Berkhout, Frans (2005): The Governance of Sustainable Socio-technical Transition. In: Research Policy, Vol. 34, 2005, S. 1491-1510.
- Sommer, Hartmut; Marusczyk, Regina (2011): 10 Jahre Carsharing der Bahn – innovative Anschlussmobilität im Öffentlichen Personenverkehr. In: Themendienst (Hrsg): Deutsche Bahn. Online verfügbar unter: http://www.deutschebahn.com/file/de/2185918/sUtb5zA_iuZyqEzq0RfWBm3V580/2238506/data/20111117_carsharing_10jahre.pdf?hl=elektroautos (zuletzt abgerufen am 17.02.2015).
- Soskice, David (1997): German Technology Policy, Innovation and National Institutionell Framework. Discussion Paper FS I 96-319, Wissenschaftszentrum für Sozialforschung, Berlin 1997.
- Spiegel Online (2012): VW E-Up: GTI, ich komme! 01.02.2012, online verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/auto/fahrberichte/vw-e-up-gti-ich-komme-a-811489.html> (zuletzt abgerufen am 14.07.2014).
- Springer (2014a): Daimler übernimmt Evonik Anteile an Li-Tec und Deutsche Accumotive, Unternehmen + Institutionen, 01.04.2014, online verfügbar unter: <http://www.springerprofessional.de/daimler-uebernimmt-evonik-anteile-an-li-tec-und-deutsche-accumotive/5035756.html> (zuletzt abgerufen am 14.07.2014).
- Springer (2014b): In neuem Lithium-Ionen-Akku-Ranking liegt Panasonic/ Sanyo auf Platz 1. Elektronik. 17.02.2014, online verfügbar unter: <http://www.springerprofessional.de/in-neuem-lithium-ionen-akku-ranking-liegt-panasonic-sanyo-auf-platz-1/4969160.html> (zuletzt abgerufen am 08.09.2015).
- Springer (2008): Volkswagen und Sanyo entwickeln Hochleistungsenergiespeicher. 28.05.2008, online verfügbar unter: <http://www.springerprofessional.de/volkswagen-und-sanyo-entwickeln-hochleistungsenergiespeicher-7920/3943408.html> (zuletzt abgerufen am 14.07.2014).
- Stadt Dortmund (2012): ELMO Elektromobile urbane Wirtschaftsverkehre. 10/2012, online verfügbar unter: http://www.dortmund.de/media/p/elektromobilitaet/ELMO_Projektfolder_WEB.pdf (zuletzt abgerufen am 06.10.2015).

- Stadt Friedrichshafen (2015): emma – e-mobil mit Anschluss. Letzte Aktualisierung 07. Oktober 2015, online verfügbar unter: <http://www.friedrichshafen.de/wirtschaft-verkehr/emma/> (zuletzt abgerufen am 07.10.2015).
- Stadt Mannheim (2015a): RNV PRIMOVE Mannheim. Die Mannheimer Buslinie 63 wird elektrisch, online verfügbar unter: <https://www.mannheim.de/primove> (zuletzt abgerufen am 07.10.2015).
- Stadt Mannheim (2015b): Laden und los auf der Linie 63. Umwelt & Verkehr, 22.06.2015, online verfügbar unter: <https://www.mannheim.de/nachrichten/laden-und-los-linie-63> (zuletzt abgerufen am 17.10.2015).
- Stadt Schwäbisch Gmünd (2015): emis Elektromobilität im Stauferland. Online verfügbar unter: <http://www.emis-projekt.de/> (zuletzt abgerufen am 07.10.2015).
- Stadtverwaltung Ludwigsburg (2014): Flinkster-Carsharing mit Elektromobilen am Bahnhof. Modellprojekt Ludwigsburg Intermodal: E-Flinkster von DB Rent, online verfügbar unter: http://www.ludwigsburg.de/Lde/start/wirtschaft_medien/Flinkster-Carsharing+am+Bahnhof.html (zuletzt abgerufen am 08.10.2015).
- Stadtwerke Düsseldorf (2015): E-mobil NRW. Online verfügbar unter: <http://www.emobil-nrw.de/> (zuletzt abgerufen am 05.10.2015).
- Stadtwerke Düsseldorf (2014): E-Carflex – gemeinsam bewegen. Online verfügbar unter: <http://www.e-carflex.de/> (zuletzt abgerufen am 06.10.2015).
- STAWAG – Stadtwerke Aachen AG (2011): Gelungener Abschluss zweier Projekte für Elektromobilität. Pressemeldungen, 07.12.2011, online verfügbar unter: <http://www.stawag.de/unternehmen/presse/pressemeldungen/gelungener-abschluss-zweier-projekte-fuer-elektromobilitaet/> (zuletzt abgerufen am 05.10.2015).
- Stütz, Sebastian (2014): Elektromobilität im urbanen Wirtschaftsverkehr. Praxiserfahrungen batterieelektrischer Nahverkehre – Ein Bericht aus dem Leuchtturmprojekt „ELMO – Elektromobile Urbane Wirtschaftsverkehre“, Fraunhofer IML, 03. April 2014, online verfügbar unter: http://www.dortmund.de/media/p/elektromobilitaet/vortraege_am_03_04_2014/Stuetz_S_-_ELMO.pdf (zuletzt abgerufen am 06.10.2015).
- Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB) (2015): Stuttgart Services. Online verfügbar unter: <http://www.stuttgart-services.de/> (zuletzt abgerufen am 08.10.2015).
- Statista. Das Statistik-Portal (2015): Größte Automobilhersteller weltweit nach Fahrzeugabsatz im Jahr 2014 (in Millionen). Online verfügbar unter: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/173795/umfrage/automobilhersteller-nach-weltweitem-fahrzeugabsatz/> (zuletzt abgerufen am 27.08.2015).

- Statista. Das Statistik-Portal (2013): Daten & Fakten zur Automobilindustrie. Online verfügbar unter: <http://de.statista.com/statistik/faktenbuch/14/a/branche-industrie-markt/automobilindustrie/automobilindustrie/> (zuletzt abgerufen am 01.09.2013).
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2006): Verkehr in Deutschland 2006. Wiesbaden September 2006, online verfügbar unter: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/Verkehr/Querschnitt/VerkehrinDeutschlandBlickpunkt,templated=renderPrint.psml> (zuletzt abgerufen am 20.09.2011).
- Steeck, Wolfgang; Thelen, Kathleen (2005): Introduction: Institutional Change in Advanced Political Economies. In: dies. (Hrsg.): Beyond Continuity. Institutional Change in Advanced Political Economies, Oxford Press, Oxford 2005, S. 1-39.
- Stichweh, Rudolf (1994): Wissenschaft, Universität, Professionen: Soziologische Analysen, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1994.
- StreetScooter (2015): Über uns. Online verfügbar unter: <http://www.streetscooter.eu/ueber-uns> (zuletzt abgerufen am 21.03.2016).
- StreetScooter (2014): StreetScooter GmbH. Online verfügbar unter: <http://www.streetscooter.eu/> (zuletzt abgerufen am 21.04.2014).
- Studieren.de (2015): Elektromobilität. Online verfügbar unter: <https://studieren.de/suche.0.html?&mode=search<=course&term=34377:term:elektromobilit%C3%A4t> (zuletzt abgerufen am 19.08.2015).
- Studieren.de (2013): Finde Dein Studium jetzt. Deutschlands führendes Portal zur Studienorientierung, online verfügbar unter: <http://studieren.de/> (zuletzt abgerufen am 19.10.2013).
- Stuttgart (2015): Emissionsfrei unterwegs mit car2go. Online verfügbar unter: <http://www.stuttgart.de/car2go> (zuletzt abgerufen am 02.03.2015).
- SWA Stadtwerke Augsburg (2015a): Ich tanke Strom. Online verfügbar unter: <http://www.ich-tanke-strom.com/> (zuletzt abgerufen am 23.01.2015).
- SWA Stadtwerke Augsburg (2015b): eMobilität. Macht aus Strecken kurze Wege, swa eMobilität, online verfügbar unter: <http://www.sw-augsburg.de/privatkunden/eMobilitaet.php> (zuletzt abgerufen am 23.01.2015).
- SWU Stadtwerke Ulm/ Neu-Ulm GmbH (2013): Elektromobilität in Ulm, Neu-Ulm und Umgebung. Juli 2013, online verfügbar unter: http://www.swu.de/fileadmin/Content/PDFs/Elektromobilitaet/Emob-Flyer_Internet.pdf (zuletzt abgerufen am 23.01.2015).

- Tagesschau.de (2013): Die Chronologie der Krise. Online verfügbar unter: <http://www.tagesschau.de/wirtschaft/chronologiefinanzmarktkrise100.html> (zuletzt abgerufen am 01.10.2013).
- Technische Akademie für berufliche Bildung Schwäbisch Gmünd (TA Schwäbisch Gmünd) (2015): Die Schauwerkstatt emob. Online verfügbar unter: <http://www.schauwerkstatt-bw.de/> (zuletzt abgerufen am 08.10.2015).
- Technische Universität Berlin (TU Berlin) (2015): Das Forschungsnetzwerk Elektromobilität der TU Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.e-mobility.tu-berlin.de/> (zuletzt abgerufen am: 20.04.2015).
- Technische Universität Berlin (TU Berlin) (2014a): Elektromobilität. Online verfügbar unter: <https://www.technik.tu-berlin.de/menue/labore/elektromobilitaet/> (zuletzt abgerufen am 21.04.2015).
- Technische Universität Berlin (TU Berlin) (2014b): Weiterbildendes Masterstudium für die Energieeffiziente Stadt. TU-Campus EUREF. Online verfügbar unter: https://www.campus-euref.tu-berlin.de/menue/tu-campus_euref/ (zuletzt abgerufen am 21.04.2015).
- Technische Universität Berlin (TU Berlin) (2012): Forschungsnetzwerk Elektromobilität der TU Berlin. Online verfügbar unter: <http://www.e-mobility.tu-berlin.de/menue/elektromobilitaet/> (zuletzt abgerufen am 29.04.2012).
- Technische Universität Braunschweig (TU Braunschweig) (2015a): Niedersächsisches Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF). Online verfügbar unter: <https://www.tu-braunschweig.de/forschung/zentren/nff> (zuletzt abgerufen am 08.05.2015).
- Technische Universität Braunschweig (TU Braunschweig) (2015b): Elektromobilität. Online verfügbar unter: <https://www.tu-braunschweig.de/eitp/studium/emob> (zuletzt abgerufen am 08.05.2015).
- Technische Universität München (TUM) (2015a): Wissenschaftszentrum Elektromobilität. Online verfügbar unter: <http://www.wze.mse.tum.de/startseite/> (zuletzt abgerufen am 11.05.2015).
- Technische Universität München (TUM) (2015b): e-MOBILie –Schaufenster Elektromobilität. Energieautarke Elektromobilität im Smart-Mirco-Grid, online verfügbar unter: <http://www.ewk.ei.tum.de/forschung/projekte/e-mobilie/> (zuletzt abgerufen am 12.05.2015).
- Technische Universität München (TUM) (2015c): Akademische Bildungsinitiative zur Elektromobilität Bayern – Sachsen. Online verfügbar unter: <http://www.sv.bgu.tum.de/forschung-und-beratung/projekte/projekte/schaufenster-elektromobilitaet/> (zuletzt abgerufen am 12.05.2015).

- Technische Universität München (TUM) (2015d): Li-S Battery Research. Research Projects, Lehrstuhl für Technische Elektrochemie, online verfügbar unter: <http://www.tec.ch.tum.de/index.php?id=1255> (zuletzt abgerufen am 24.08.2015).
- Technische Universität München (TUM) (2014): Mute Automobile. Online verfügbar unter: <http://www.mute-automobile.de/> (zuletzt abgerufen am 08.06.2015).
- Tenkhoff, Christina; Braune, Oliver; Wilhelm, Silke (2011): Ergebnisbericht 2011 der Modellregionen Elektromobilität, hrsg. vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, erstellt und koordiniert durch NOW GmbH, Berlin 2011, online verfügbar unter: https://issuu.com/peinternational/docs/now_ergebnisbericht_summary_plattformen_2011 (zuletzt abgerufen am 10.09.2012).
- Tesla (2014): Panasonic und Tesla unterzeichnen Vereinbarung über die Gigafactory. Blog, 30. Juli 2014, online verfügbar unter: https://www.teslamotors.com/de_DE/blog/panasonic-and-tesla-sign-agreement-gigafactory (zuletzt abgerufen am 21.03.2016).
- Trute, Hans-Heinrich; Kühlers, Doris; Pilniok, Arne (2008): Governance als verwaltungsrechtswissenschaftliches Analysekonzept. In: Schuppert, Gunnar F.; Zürn, Micheal (Hrsg.): Governance in einer sich wandelnden Welt, 1. Aufl., VS Verlag, Wiesbaden 2008, S. 173-189.
- TU 9 - German Institutes of Technology 2015: Projekt Elektromobilität. Forschung, online verfügbar unter: <https://www.tu9.de/forschung/6309.php> (zuletzt abgerufen am 30.06.2015).
- TUM Asia - German Institute of Science and Technology (2015): TUM CREATE. Online verfügbar unter: <http://tum-asia.edu.sg/about/tum-create/> (zuletzt abgerufen am 11.05.2015).
- TUM CREATE Ltd. (2013): TUM Create. Online verfügbar unter: <http://www.tum-create.edu.sg/> (zuletzt abgerufen am 08.06.2015).
- United Nations (UN) (2015): Secretary-General Says 'Ambitious, Flexible and Durable' Climate Accord Signals Markets to Unleash Full Force of Human Ingenuity for Resilient Growth. Meetings Coverage an Press Releases, 12. Dezember 2015, online verfügbar unter: <http://www.un.org/press/en/2015/sgsm17412.doc.htm> (zuletzt abgerufen am 15.02.2016).
- Universität Göttingen, Stadt Göttingen, Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg (2015): eRadschnellweg Göttingen. Online verfügbar unter: <http://www.eradschnellweg.de/> (zuletzt abgerufen am 09.10.2015).
- Universität Kassel (2015): E2V: Elektromobilitätskonzept mit teilautonomen Fahrzeugen (BMBF E2V/11). Projekte, FB 16 – Elektrotechnik/Informatik, Forschungsverbund Fahrzeugsysteme, online verfügbar unter: <http://www.uni-kassel.de/eecs/fast/projekte/e2v.html> (zuletzt abgerufen am 24.08.2015).
- Urbainczyk, Gerhard (2013): E-Plan München. Pilotvorhaben zum Test der Praxistauglichkeit von Elektromobilität im Ballungsraum, Fachforum Sonne bewegt sauber, München, 16.10.2013,

- online verfügbar unter: http://muenchner-fachforen.de/jdownloads/2013/2013_10_16_Fachforum_Sonne_bewegt/02_urbainczyk_rgu.pdf (zuletzt abgerufen am 09.10.2015).
- Utterback, James M.; Abernathy, William J. (1990): A Dynamic Modell of Process and Product Innovation. In: Freeman, Christopher (Hrsg.): The Economics of Innovation, Edward Elgar Publishing, Aldershot 1990, S. 425-441.
- Varta Microbattery GmbH; Montana Tech Components AG (2009): Joint Venture von VARTA Microbattery und Volkswagen. Pressemitteilung, Ellwangen, 25.09.2009, online verfügbar unter http://www.varta-microbattery.com/fileadmin/user_upload/downloads/news/PR20090925_VARTA_VW_de.pdf (zuletzt abgerufen am 14.07.2014).
- Vattenfall Europe Innovation GmbH (2015): Vattenfalls smarte Ladebox: Die Ladelösung für vielfältige Anwendungsfälle. Vattenfall E-Mobility, online verfügbar unter: <http://www.vattenfall.de/de/emobility/emobility.htm> (zuletzt abgerufen am 19.01.2015).
- Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2013a): Jahresbericht 2013. Berlin, online verfügbar unter: <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/jahresbericht-2013.html> (zuletzt abgerufen am 01.09.2013).
- Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2013b): Zahlen & Fakten. Jahreszahlen, Neuzulassungen, letzte Aktualisierung: 11.04.2013, online verfügbar unter: <http://www.vda.de/de/zahlen/jahreszahlen/neuzulassungen/> (zuletzt abgerufen am 01.09.2013).
- Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2011a): Elektromobilität. Eine alternative zum Öl, Ein Magazin, Stand Mai 2011, online verfügbar unter: <http://www.elektromobilitaet-vda.de/> (zuletzt abgerufen am 18.05.2011).
- Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2010): Jahresbericht 2010. Berlin 2010, online verfügbar unter: <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/jahresbericht-2010.html> (zuletzt abgerufen am 25.08.2010).
- Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2009a): Jahresbericht 2009. Berlin 2009, online verfügbar unter: <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/jahresbericht-2009.html> (zuletzt abgerufen am 20.05.2012).
- Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2009b): Antriebe und Kraftstoffe der Zukunft. Frankfurt am Main 2009, online verfügbar unter: <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/antriebe-und-kraftstoffe-der-zukunft.html> (zuletzt abgerufen am 20.05.2012).

- Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2008): Analysen zur Automobilkonjunktur 2007, Frankfurt am Main 2008.
- Verkehrsclub Deutschland VCD (2015): eRad in Freizeit und Tourismus. Bequem und leise vom Aegi zu den Herrenhäuser Gärten, online verfügbar unter: <http://erad-hannover.de/> (zuletzt abgerufen am 09.10.2015).
- Verlag Dr. Götz Schmidt. Der Fachverlag für Organisation (2008): Grafiken. Praxishandbuch Prozessmanagement, online verfügbar unter: <http://www.goetz-schmidt-verlag.de/web/bilderbd9.htm>, (zuletzt abgerufen am 26.10.2011).
- Volkswagen Aktiengesellschaft (2014) Geschäftsbericht 2014. Fortschritt bewegen, Synergien und Allianzen, online verfügbar unter: <http://geschaeftsbericht2014.volkswagenag.com/konzernlagebericht/nachhaltige-wertsteigerung/forschung-und-entwicklung/synergien-und-allianzen.html> (zuletzt abgerufen am 08.09.2015).
- Volkswagen Aktiengesellschaft (2013a): Publikationen. Online verfügbar unter: http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info_center/de/publications/publications.aq.html/icr-financial_publications!annual_reports/index.html (zuletzt abgerufen am 08.09.2013).
- Volkswagen Aktiengesellschaft (2013b): Produktionsstandorte. Online verfügbar unter: http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/content/de/the_group/production_plants.html (zuletzt abgerufen am 28.09.2013).
- Volkswagen Aktiengesellschaft (2013c): Innovation. Online verfügbar unter: <http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/content/de/innovation.html> (zuletzt abgerufen am 30.09.2013).
- Walch, Lars (2015): EnBW Projekt LIS. Herausforderungen für Deutschlands größte öffentliche Ladeinfrastruktur in Stuttgart & Region, Energie Baden-Württemberg, 14. April 2015, online verfügbar unter: http://files.messe.de/abstracts/65818_Deutschlands_groesste_Ladeinfrastruktur_.pdf (zuletzt abgerufen am 08.10.2015).
- Weber, Hajo; Wegge, Martina (2001): Zum Wandel von Produktionsparadigmen in internationalen Organisationen – Die Adaption des Toyotaproduktionssystems in der Automobilindustrie, Soziologie Universität Kaiserslautern, discussion papers, Nr. 101, Kaiserslautern 2001.
- Weider, Marc; Rammler, Stefan (2011): Das Elektroauto- „Zeit für neue Träume“. Zur Einführung in den Sammelband. In: Rammler, Stefan; Weider, Marc (Hrsg.): Das Elektroauto. Bilder für eine zukünftige Mobilität. Lit, Berlin 2011, S. 3-11.

- Werle, Raymund (2010): Zur Interdependenz von Innovationen. In: Hof, Hagen; Wengenroth, Ulrich (Hrsg.): Innovationsforschung. Ansätze, Methoden, Grenzen und Perspektiven, Innovationsforschung, Bd. 1, LIT Verlag, Berlin 2010, S. 31-40.
- Willke, Helmut (2001): Systemisches Wissensmanagement. 2. Aufl., UTB: Stuttgart 2001.
- Wimmer, Engelbert; Schneider, Mark C.; Blum, Petra (2010): Antrieb für die Zukunft. Wie VW und Toyota um die Pole Position ringen, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 2010.
- Wirtschaftsförderung Region Stuttgart (WRS) (o. J.): Modellregion Elektromobilität Region Stuttgart, online verfügbar unter: http://wrs.region-stuttgart.de/sixcms/media.php/923/Modellregion%20Elektromobilit%E4t_deutsch.pdf (zuletzt abgerufen am 12.12.2014).
- Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (BW); Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO); Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH (WRS) (Hrsg.) (2010): Strukturstudie BWe mobil Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität, Stuttgart 2010.
- Wirtschaftswoche (2013): Die größten Automobilzulieferer der Welt. Reifen und Karosserie, 21.05.2013, online verfügbar unter: <http://www.wiwo.de/unternehmen/auto/reifen-und-karosserie-die-groessten-automobilzulieferer-der-welt/8085256.html> (zuletzt abgerufen am 01.09.2013).
- Wirtschaftswoche (2011): BMW und Toyota. Schillerndes Bündnis, Kommentar, 01.12.2011, online verfügbar unter: <http://www.wiwo.de/unternehmen/auto/bmw-und-toyota-schillerndes-buendnis/5906410.html> (zuletzt abgerufen am 15.07.2014).
- Wolfram Cox, Julie; Hassard, John (2005): Triangulation in organizational research: A representation. In: Organization, Vol. 12, No. 1, 2005, S. 109-133.
- Womack, James P.; Jones, Daniel T.; Ross, Daniel (1990): The Machine that Changed the World. Palgrave Macmillian, Basingstoke und New York 1990.
- Yay, Mehmet (2010): Elektromobilität. Theoretische Grundlagen, Herausforderungen sowie Chancen und Risiken der Elektromobilität, diskutiert an den Umsetzungsmöglichkeiten in die Praxis, Peter Lang Verlag, Frankfurt am Main/ Berlin 2010.
- Yonhap News Agency (2014): (Lead) SK innovation ends battery venture with Germany's Continental. Industry, 2014/11/28, online verfügbar unter: <http://english.yonhapnews.co.kr/business/2014/11/28/41/0501000000AEN20141128005751320F.html> (zuletzt abgerufen am 08.09.2015).
- Zapata, Clovis; Nieuwenhuis, Paul (2010): Exploring innovation in the automotive industry: new technologies for cleaner cars. In: Journal of Cleaner Production Vol. 18, 2010, S. 14-20.

Zimmer, René; Rammler, Stephan (2011): eTrust. Leitbilder und Zukunftskonzept der Elektromobilität. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin, 30.06.2011, online verfügbar unter: <http://www.ufu.de/media/content/files/Fachgebiete/Ressourcenschutz/E-Trust-Projektbericht%20110630%20mittel.pdf> (zuletzt abgerufen am 16.09.2015).

Anhang A: Auswirkungen der Krise auf Zulieferer, Handel, Werkstätten und Autovermietung

	Zulieferer: Entwicklung in der Krise – Januar 2009 –Dezember 2010
Leoni (Drähte, Kabel)	Januar 2009: Schließung einer Fabrik in Rumänien
Continental (Reifen, Fahrgestell-, Sicherheitssysteme, Innenraum und Antriebsstrang)	Januar 2009: Schaeffler-Gruppe übernimmt 49,9 % von Continental April 2009: knapp 20.000 Mitarbeiter in Kurzarbeit Juli 2009: Kostenreduktion und Einsparmaßnahmen ausgeweitet September 2009: Ankündigung trotz Schulden keinen Unternehmensteile verkaufen zu wollen; Personalabbau und Ausweitung der Kurzarbeit kann nicht ausgeschlossen werden; Hoffnungsträger: Ausbau des Geschäftsfelds Hybridtechnik und Systeme für Elektroantriebe Mai 2010: Erstmals seit Ausbruch der Krise steigende Umsätze September 2010: Keine weiteren Pläne für die Zusammenführung mit Schaeffler; Vorrangig ist der Abbau der Schuldenlast
Schaeffler (Maschinenbau)	Februar 2009: finanzielle Schwierigkeiten durch Übernahme von Continental; tausende Beschäftigte in Kurzarbeit Juli 2009: Kostenreduktion und Einsparmaßnahmen ausgeweitet August 2009: Einigung mit Banken auf ein Finanzierungskonzept über 12 Mrd. Euro September 2010: Keine weiteren Pläne für die Zusammenführung mit Continental; Vorrangig ist der Abbau der Schuldenlast
Edscha (Scharniere, Dachsysteme, Karosserie)	Februar 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens August 2009: Übernahme der Cabrio-Dachsysteme-Sparte durch Webasto (erste Übernahme ohne staatliche Unterstützung seit Beginn der Krise) April 2010: Übernahme der Karosseriesparte durch Gestamp Automoci3n; Insolvenz als Chance: durch frühzeitige Einleitung Erhalt viele Arbeitsplätze in Deutschland
Bosch (Elektronik, Einspritztechnik, Steuergeräte, Abgasnachbehandlung, ABS, ESP, Starter, Generatoren, Halbleiter, Sensoren, Multimedia, Ersatzteile)	April 2009: Ankündigung von Sparmaßnahmen mit Kurzarbeit und Lohnverzicht Juni 2009: Korrektur der Umsatzerwartung für 2009 nach unten, August 2009: Verlängerung der Kurzarbeit für 1.100 Mitarbeiter bis Ende 2009; Umsatzrückgang um 15 bis 20 % bei der Kfz-Technik erwartet (bereits 2008 Rückgang um 6,9 %); Entscheidung über Personalmaßnahmen spätestens im 3. Quartal; September 2009: Ankündigung von Verlusten für 2009 (über 1,1 Mrd. Euro) Dezember 2009: Abbau von 14.000 Stellen in 2009; Umsatzrückgang um 15 Prozent Januar 2010: Ausweitung des Non-Automotive Geschäfts: Engagement in Solarenergie, Übernahme von Aleo Solar (Spezialist für Fotovoltaik-Anlagen) und Ersol Solar Energie (Solartechnik) Februar 2010: Prognose 2010 optimistischer als 2009: keine Verluste; Nutzen der Krise zur Kostensenkung z. B. durch Personalabbau

	<p>Mai 2010: 2010 steigende Umsätze erwartet</p> <p>September 2010: Prognose 2010 Umsatzplus von 20 %; nach Stelleabbau 2009 insg. 14000 Stellen, bis Ende 2010 10.000 neue Stellen; seit 2005 jährlich steigende Investitionen in FuE, in 2009 13,2 %</p>
<p>ZF Friedrichshafen (Antriebs-, Getriebe- und Fahrwerktechnik)</p>	<p>Juni 2009: Auflage des zweite Sparpakets</p> <p>September 2009: Abbau von ca. 3.500 Stellen; Ankündigung von Umsatzeinbruch um 25 % und Verlusten von 500 Mio. Euro; Aufnahme eines Kredits bei der KfW über 250 Mio. Euro</p> <p>Dezember 2009: Ausbau des Non-Automotive Geschäfts beim Service von Windkraftanlagen; Reorganisation der After-Sales-Aktivitäten; Ausbau die Zusammenarbeit mit Bosch im Service- und Nachrüstgeschäft</p> <p>Januar 2010: Übernahme der Ingenieursgesellschaft P.E. Concepts (Spezialisten für Windenergie)</p> <p>April 2010: Stabilisierung der Lieferkette: statt 90 nur noch 35 Unternehmen unter Beobachtung aufgrund finanzieller Schwierigkeiten; 12 Insolvenzen in der Lieferkette in 2009; Erholung des eigenen Umsatzes für 2010 erwartet</p> <p>September 2010: Übernahme der französische Druckguss-Tochter des insolventen Honsel-Konzerns, um die eigene Lieferkette nicht zu gefährden</p>
<p>Karmann (Auftragsfertigung, Fahrzeugkomponenten, Dachsysteme)</p>	<p>Juni 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens</p> <p>September 2009: Schließung des Werks Rheine</p> <p>Oktober 2009: Verlust von Aufträgen und Stellenabbau</p> <p>November 2009: VW prüft Einstiegsplänen und weiterer Auftragsvergabe; bisher 720 Stellen abgebaut</p> <p>Dezember 2009: Kaufinteressenten für Dachssystem-Sparte Magna, CIE (spanischer Zulieferer) und zwei weitere; VW plant die Übernahme der Maschinen und Anlagen; Auftrag für Golf-Cabrio von VW und weitere Aufträge von Porsche wahrscheinlich</p> <p>April 2010: Hoffnung auf Übernahme durch Magna trotz Bedenken des Kartellamtes (mit Webasto/ Edscha gäbe es nur noch einen großen Wettbewerber); Übernahme durch CIE wird von Kunden kritisch bewertet</p> <p>Mai 2010: Kartellamt lehnt Übernahme durch Magna ab; Karmann und Magna legen Beschwerde ein</p> <p>September 2010: Favoriten für Übernahme der Dachsparte Valmet (finnischer Auftragsfertiger) und CIE, Entscheidung im Oktober</p>
<p>Brose (mechatronische Komponenten)</p>	<p>September 2009: Ankündigung von Verlustfreiheit trotz Absatzrückgängen</p>
<p>Keiper (Sitzkomponenten)</p>	<p>September 2009: Umsatzeinbruch seit Ausbruch der Krise um rund 80 Mio. Euro; Restrukturierungsmaßnahmen seit Spätsommer 2008; weitere Produktionsverlagerung in ein zusätzliches Werk in Polen; Ankündigung eines Personalabbaus von 400 bis 500 Stellen nach aktuellem Stand nach Ende der Kurzarbeit in 2010</p>

Webasto (Dachsysteme, Heizsysteme)	Oktober 2009: Umsatzrückgang in den ersten 8 Monaten von 33 %; Frühzeitiges Gegensteuern durch Kostensparprogramm Januar 2010: Engagement in Komforttechnik im Marinegeschäft
Beru (Zündsysteme)	Oktober 2009: Ausstieg aus der Börse; BorgWarner wird alleiniger Eigentümer
Delphi (Elektronik)	Oktober 2009: Insolvenz abgeschlossen, Übernahme durch GM
Paragon (Elektronik)	Oktober 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens Januar 2010: Restrukturierung weitgehend abgeschlossen Juni 2010: Ende des Insolvenzverfahrens Dezember 2010: deutlicher Anstieg der Aktienkurse über das Gesamtjahr 2010
Dürr (Anlagenbau)	November 2009: Umsatzminus in 2009 von 25 %
Behr (Klimasysteme und Motorkühlung)	Dezember 2009: Verlust in 2009 rund 140 Mio. Euro; Suche nach Investor; Stellenabbau wegen Überkapazitäten Februar 2010: Übernahme von 60 % des Industriegeschäfts (Behr Industry) im Juli durch Mahle; geplanter Abbau von 440 Stellen Juli 2010: Abbau von 350 Stellen und Schließung der Produktion in Stuttgart Ende September
Läppl (Werkzeugbau)	Dezember 2009: Verkauf von 3 Tochtergesellschaften, LSP Automotive Systems LLC (USA), August Lämppl (Südafrika), Lämppl Formbau (Deutschland); Ziel: Fokussierung auf Blechteilelieferung und Erhöhung der Finanzkraft
Gesco (Maschinenbau)	Dezember 2009: Umsatzrückgang von 27,5 % und Rückgang des Nettogewinns um 70 % in 2009; Aufgrund hoher Eigenkapitalquote von 39,1 % Verzicht auf Vorfinanzierungen und Anzahlungen möglich; Probleme durch Rückzug der Warenkreditversicherung; Ausbau des Non-Automotive Geschäfts
Getrag (Getrieben und Kupplungen)	Dezember 2009: Finanzierung von Restrukturierung durch Landesbürgschaft von 20 Mio. Euro; Umsatzrückgang in 2009 um 20 %; Verlängerung der Kurzarbeit für einige Mitarbeiter bis Ende 2010 März 2010: weiterer Abbau von Überkapazitäten bzw. Stellen Dezember 2010: Vereinbarung einer neuen Kreditlinie mit Bankenkonsortium von 300 Mio. Euro
ElringKlinger (Zylinderkopf-, Spezialdichtungen, Kunststoffgehäuse)	Dezember 2009: Vergleichsweise gutes Ergebnis in den ersten 9 Monaten 2009 mit EBIT-Marge von 10,2 % aufgrund hoch innovativer Produkte; Investitionen 2009 von 28,7 Mio. Euro in FuE von Brennstoffzellen- und Batteriekomponenten sowie Dieselpartikelfilter
Hella (Lichtsysteme, Fahrzeug-Elektronik)	Januar 2010: Ausweitung des Non-Automotive Geschäfts: Entwicklung von LED-Technik für Straßenbeleuchtung („Eco StreetLine“)
SKF Deutschland (Wälzanlagen)	Februar 2010: durch hohen Automotive Anteil starker Umsatzrückgang in 2009; Abbau von 400 Stellen und Kurzarbeit; Fortführung der Kurzarbeit in 2010; Verdoppelung des Bereichs Windenergie geplant

Kuka (Roboter)	März 2010: Verringerung des Automotive-Anteils durch Einstieg in andere Geschäftsfelder z. B. Medizintechnik
HP Pelzer (Fahrzeugakustik)	April 2010: Übernahme durch neue Eigentümer (3 Geschäftsleute und Investor Adler Group) nach finanziellen Schwierigkeiten und Verzicht auf Besteuerung des Altschulden-Verzichts der Banken vom vorherigen Eigentümer-Syndikat unter Führung von Goldman Sachs
Eberspächer (Abgas- und Klimasysteme)	Juni 2010: Umsatzrückgang in 2009 von 40 % auf 1,3 Mrd. Euro, Nachsteuerverlust von 63 Mio. Euro; Gesellschafter verzichten auf Gewinne und nehmen Kapitalerhöhung vor
Mann + Hummel (Filterablagen)	Juni 2010: Umsatzrückgang um 8,4 % bzw. 5,3 Mio. Euro auf 1,67 Mrd. Euro in 2009 (relativ zur weltweiten Automobil- und Maschinenbau-industrie positives Ergebnis); bis 2012 Abbau von 330 Stellen geplant
Schuler (Umformung)	Juli 2010: Ausbau des Non-Automotive Geschäfts
Händler: Entwicklung in der Krise – Januar 2009 –Dezember 2010	
Automag Bucher + Linse (BMW)	Februar 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens September 2009: Übernahme durch BMW Retail, Umnennung in BMW Automag
Heck (Mehrmarken)	Februar 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens
Kroymans (GM)	März 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens Dezember 2009: AVAG Group übernimmt 2 ehemalige Ford-Händler in Berlin
Auto König (Luxus)	Juni 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens
Opel Kropf	Juli 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens
Niedermair & Reich (Ford)	Juli 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens
Kittner-Gruppe (VW)	September 2009: Übernahme durch VW verworfen; Übernahmeplan der Heidelberger Beteiligungsholding
Kahage (VW)	Oktober 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens
Magah (VW)	Dezember 2009: Übernahme durch VW
Lohse und Krause (VW)	Dezember 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens
AVAG Group (Opel)	April 2010: Übernahme weiterer insolventer Autohäuser
Andere Unternehmen: Entwicklung in der Krise – Januar 2009 – Dezember 2010	
ATU (Werkstatt)	Januar 2009: Ankündigung weiteren Stellenabbaus nachdem bereits 2008 Stellen abgebaut wurden
AutoCrew (Werkstatt)	Februar 2009: Übernahme durch Bosch
Budget (Vermietung)	August 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens, Einstellung des Vermiet-geschäfts
CarLine Tuning	Dezember 2009: Eröffnung des Insolvenzverfahrens

IndustrieHansa (Ingenieurs-DL)	Januar 2010: Ausweitung des Engagement im Bereich Energiewirtschaft; Übernahme des Ingenieurbüros Bockholt (Spezialist für Verdichtung und Kompressoren)
RLE (Ingenieurs-DL)	Januar 2010: Ausweitung des Engagement im Bereich Windkraft; Übernahme der Ingenieurgesellschaft P.E. Concepts (Spezialisten für Windenergie)
TÜV / Dekra / GTÜ (Prüfgesellschaften)	Juni 2010: TÜV Süd, TUV Rheinland, Dekra und GTÜ konnten 2009 trotz Krise den Umsatz steigern; Wachstum durch Zukäufe im Ausland geplant

Quelle: Automobilwoche 2009-2010

Anhang B: Neue Kooperationen in der deutschen Automobilindustrie. Fallbeispiele neuer Entwicklungskooperationen zwischen Wirtschaftsorganisationen für Gesamtfahrzeuge und in vorgelagerten Bereich der Wertschöpfungskette

Name der Kooperation	Beteiligte Partner	Art der Kooperation	Kooperationsform	Wertschöpfungsschritt	Kooperationsgegenstand	Verlauf der Kooperation	Aktueller Status ¹	Quellen
Kooperation BMW und Daimler	BMW Daimler	vertikal	Strategische Partnerschaft	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung von Hybridantrieben	Seit 2009	bestehend	(1)
Kooperation BMW und Toyota	BMW Toyota	vertikal	Strategische Partnerschaft	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung für Elektrifizierung von Antrieben	Seit Ende 2011	bestehend	(2)
Kooperation Daimler und Tesla	Daimler Tesla	vertikal	Strategische Partnerschaft Kapitalbeteiligung Daimler 4,3 % an Tesla	Lieferung Teile/ Module/ Systeme	Tesla liefert Antriebsstrang für B-Klasse ED (2014 geplant) und Batterien für Smart ED (2. Generation)	Beteiligung seit 2009 mit 8 %, nach Börsengang Tesla nur noch 4,3%	Kapitalbeteiligung beendet; Lieferbeziehung bestehend	(1) (3) (4)
Kooperation Continental und Enax	Continental Enax ²	vertikal	Strategische Partnerschaft; Kapitalverflechtung	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Lithium-Ionen-Batterien	Seit 2008	bestehend	(5) (6)
Kooperation Daimler und Renault-Nissan	Daimler Renault-Nissan	vertikal	Strategische Partnerschaft (gegenseitige Kapitalbeteiligung 3,1%)	Entwicklung Gesamtfahrzeug	Entwicklung gemeinsamer Plattform für Smart und Twingo, auch EV	Gründung: 2010 Produktionsstart: 2013	bestehend	(1) (3)
Kooperation VW und SAIC	VW SAIC	vertikal	Strategische Partnerschaft	Entwicklung Gesamtfahrzeug	Gemeinsame Entwicklung des EV Tantis	Entwicklung abgeschlossen, Verzögerung der	bestehend	(1) (7)
Kooperation VW und FAW	VW FAW	vertikal	Strategische Partnerschaft	Entwicklung Gesamtfahrzeug	Gemeinsame Entwicklung des	Produktion aufgrund geringer	bestehend	(1) (7)

¹ Stand: 2014

² Enax: japanischer Lithium-Ionen-Spezialist

					EV Carley	Nachfrage			
BMW Peugeot Citroën Electrification (BCPE)	BMW PSA Peugeot Citroën	vertikal	Joint Venture (50:50)	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung von Hybrid- technologien	Gründung: April 2011, Auflösung: 2012	beendet	(5) (8)	
SB LiMotive	Bosch Samsung	vertikal	Joint Venture	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung von Lithium-Ionen- Batterien	Auflösung 2012, Übernahme durch Bosch	beendet	(5)	
Brose-SEW Elektromobilitäts GmbH	SEW Brose	vertikal	Joint Venture	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung u. Produktion von E-Antrieben und Ladesystemen	Gründung 2011; Übernahme durch SEW	beendet	(7)	
Joint Venture Continental SK Innovation	Continental SK Innovation	vertikal	Joint Venture (49 % Conti; 51 % SK Innovation)	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung von Batteriezellen	Gründung 2012; Auflösung 2014	beendet	(5) (9)	
BMW Brilliance	BMW Brilliance	vertikal	Joint Venture (BMW 50 %/ Brilliance 40,5% / Shenyang 9,5%)	Entwicklung Gesamtfahrzeug	Entwicklung und Produktion des EV Zinoro	Entwicklung abschlossen, Leasing und Vermietung	bestehend	(5) (10)	
Shenzhen BYD Daimler New Technology	Daimler BYD	vertikal	Joint Venture (50:50)	Entwicklung Gesamtfahrzeug	Entwicklung und Produktion von Elektroautos	Gründung: Juli 2010; Vorstellung der Marke Denza März 2012	bestehend	(1) (11) (12)	
Kooperation VW und BYD	VW BYD	vertikal	Entwicklungs- kooperation	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung von Lithium-Ionen- Batterien	Seit 2009	bestehend	(12)	
Kooperation Akasol und Continental	Akasol Continental	vertikal	Entwicklungs- kooperation	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung von Hochvolt- Lithium-Ionen- Batterien	Seit Sept 2011	bestehend	(7) (13)	
Kooperation Akasol und Siemens	Akasol Siemens	vertikal	Entwicklungs- kooperation	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung eines Lithium- Ionen-Batterie- systems		bestehend	(14)	

Kooperation Bosch und Getrag	Bosch Getrag	vertikal	Entwicklungs- kooperation	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung von Getriebe und Elektromotor für EV und HEV	Seit 2006; Serienstart 2013/2014	bestehend	(15) (16)
Kooperation Bosch und PSA	PSA Bosch	horizontal	Strategische Partnerschaft, Lieferbeziehung	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Bosch liefert E- Antrieb für Peugeot 3008 Hybrid4	Seit 2008	bestehend	(1) (17)
SGL Automotive Carbon Fibers (ACF)	BMW SGL Carbon	horizontal	Joint Venture	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Kohlefaser- materialien für Elektroautos	Gegründet 2009; Carbonwerke in Wackersdorf und Moses Lake	bestehend	(1)
EM-motive	Daimler Bosch	horizontal	Joint Venture	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung und Produktion von Elektromotoren	Gründung: 2011, Einsatz in Hybrid- und Elektroautos seit 2012	bestehend	(1) (18)
Euro Advanced Carbon Fiber Composites	Daimler Toray ³	horizontal	Joint Venture (49,9% Daimler/ 50,1 % Toray)	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Herstellung v. Leichtbauteilen	Gründung 2011, 2014 reduziert Daimler seine Anteile	(noch) bestehend	(19) (20)
Volkswagen Varta Microbattery Forschungs- gesellschaft	VW Varta	horizontal	Joint Venture (50:50)	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung von Batterie- systemen	Gründung 2009	bestehend	(1) (21) (22)
Li-Tec Battery GmbH	Daimler Evonik	horizontal	Joint Venture (49,9 % Daimler/ 50,1% Evonik)	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung und Produktion von Lithium-Ionen- Batteriezellen	Gründung 2008, Übernahme durch Daimler 2014	beendet	(1) (23)
Deutsche ACCUmotive GmbH	Daimler Evonik	horizontal	Joint Venture (90% Daimler/ 10% Evonik)	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Industrielle Serienproduk- tion von Lithium-Ionen-	Gründung 2009, Übernahme durch Daimler 2014	beendet	(1) (23)

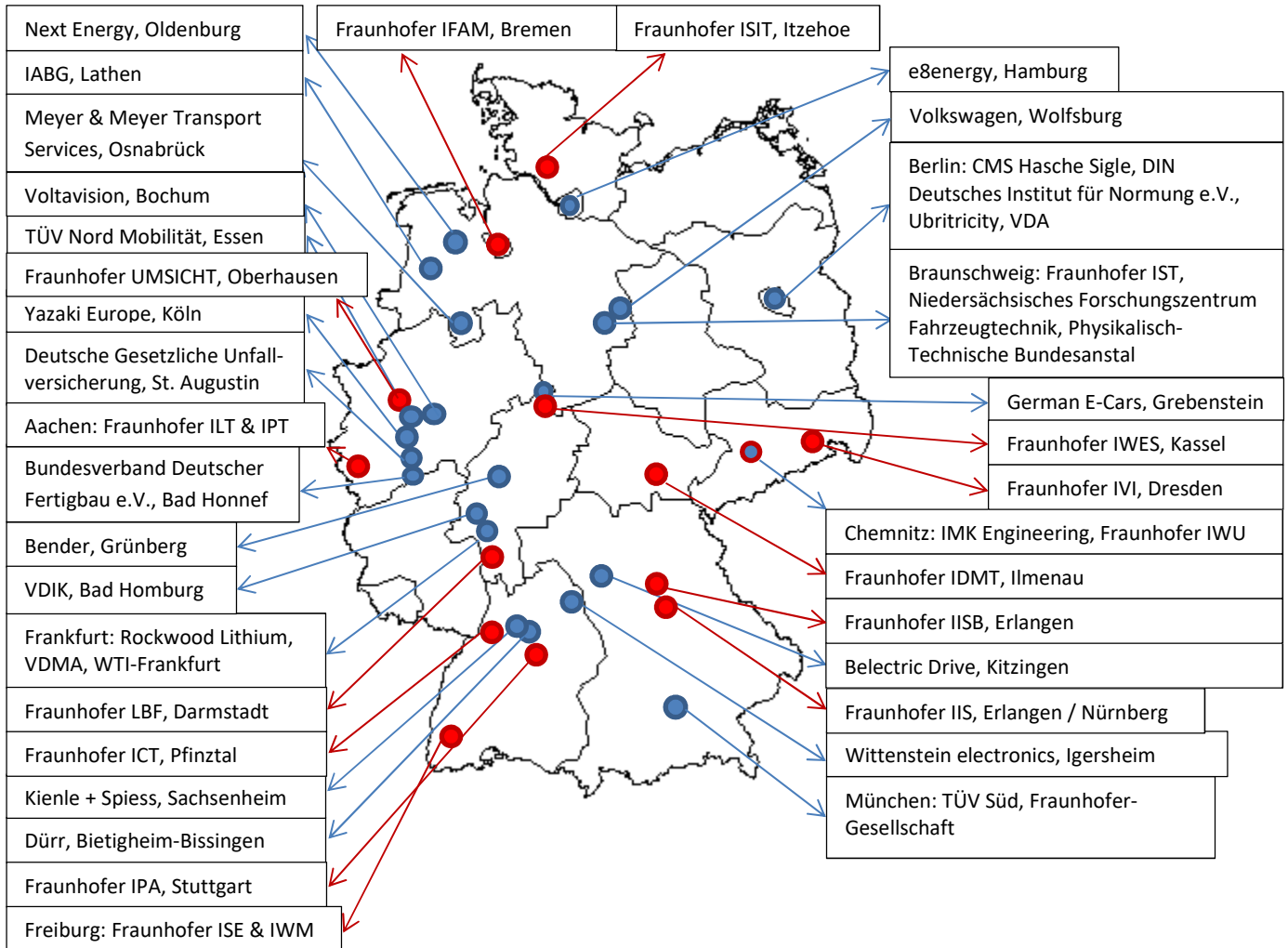
³ Toray: japanischer CFK-Hersteller

Batterien								
Kooperation VW und Panasonic/Sanyo	VW Panasonic/Sanyo	horizontal	Entwicklungs- kooperation, Lieferbeziehung	Lieferung Teile/ Module/ Systeme	Sanyo produziert Lithium-Ionen- Batterien für den e-up!	Kooperation seit 2008	bestehend	(1) (24)
Kooperation Volvo und Siemens	Volvo Siemens	horizontal	Entwicklungs- kooperation	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung von Antrieben, Leistungs- elektronik und Ladetechnik	Seit 2012: Kooperation bei Elektrobus- systemen (Volvo Bus Corporation)	bestehend	(1) (25)
Kooperation VW und Toshiba	VW Toshiba	horizontal	Entwicklungs- kooperation, Lieferbeziehung	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Elektroantriebe, Batteriesysteme und Leistungs- elektronik	Kooperation seit 2010	unbekannt	(1) (26)
Kooperation BMW und Siemens	BMW Siemens	horizontal	Entwicklungs- kooperation	Entwicklung Teile/ Module/ Systeme	Entwicklung induktives Ladesystem	Bisher keine Serien- technologie	unbekannt	(1)

Quellen: (1) Automobilwoche 2010; (2) Wirtschaftswoche 2011; (3) Daimler 2013b; (4) Automobil Produktion 2013; (5) Automobilwoche 2012; (6) Continental 2010, 2008; (7) FAZ 2013b; (8) Die Welt 2012; (9) Yonhap 2014; (10) Manager Magazin Online 2013b; (11) Denza 2014; (12) BYD Autos 2012; (13) Continental/ Akasol 2011; (14) Akasol 2013; (15) Automobilwoche 2009; (16) Bosch Mobility Solutions 2015; (17) Bosch Media Service 2013; (18) EM-Motive 2014; (19) MFW BW/ e-mobil BW/ Fraunhofer IAO 2014; (20) Produktion 2014; (21) Varta/ Montana 2009; (22) Volkswagen 2014; (23) Springer 2014a; (24) Spiegel Online 2012; (25) Siemens 2015; (26) Springer 2014b

Anhang C: Neue Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft

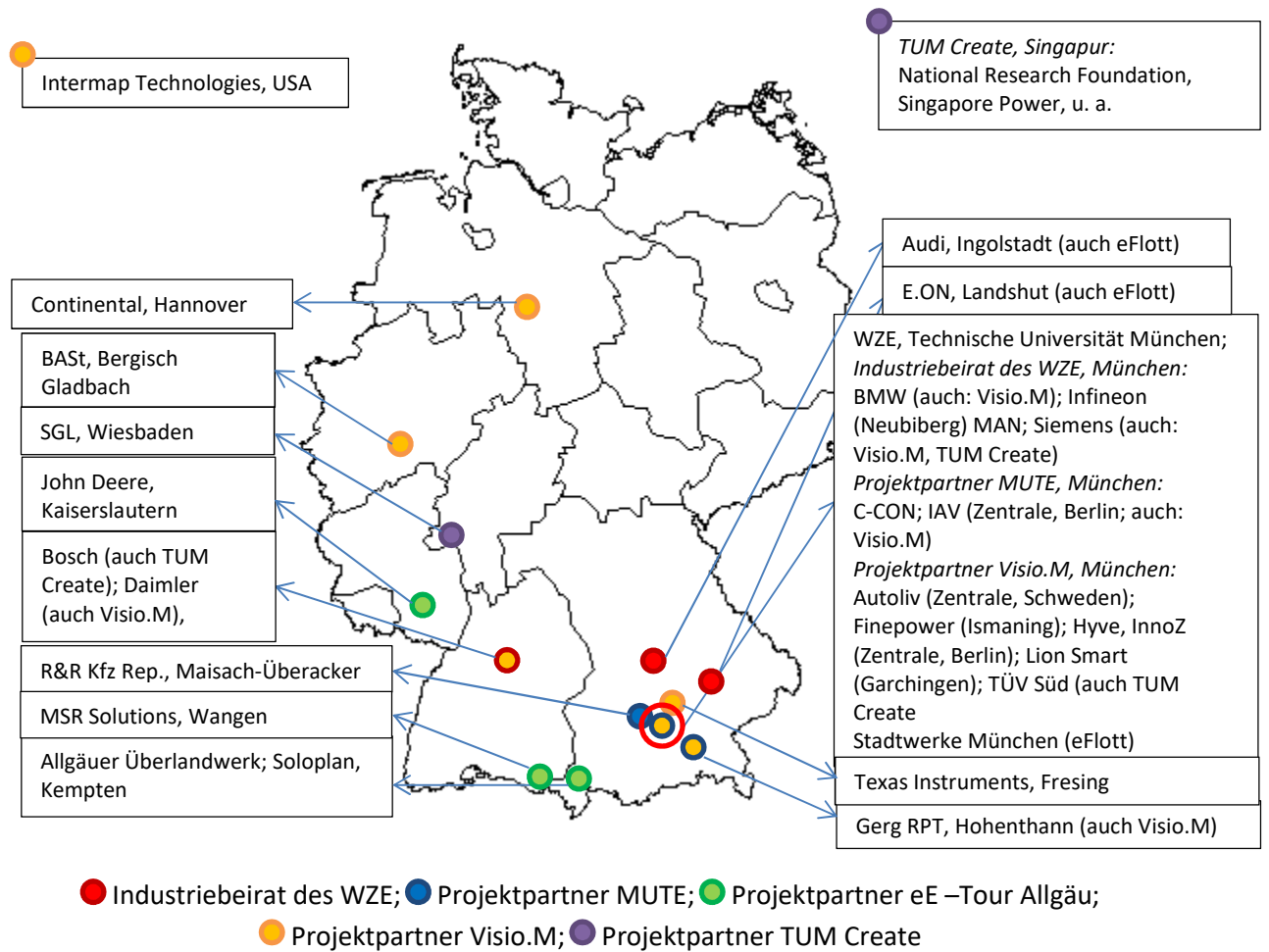
Abbildung C.1: Mitglieder des Forum ElektroMobilität e.V der Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität



● Mitglieder des Forum ElektroMobilität e.V.; ● an Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität II beteiligte Institute

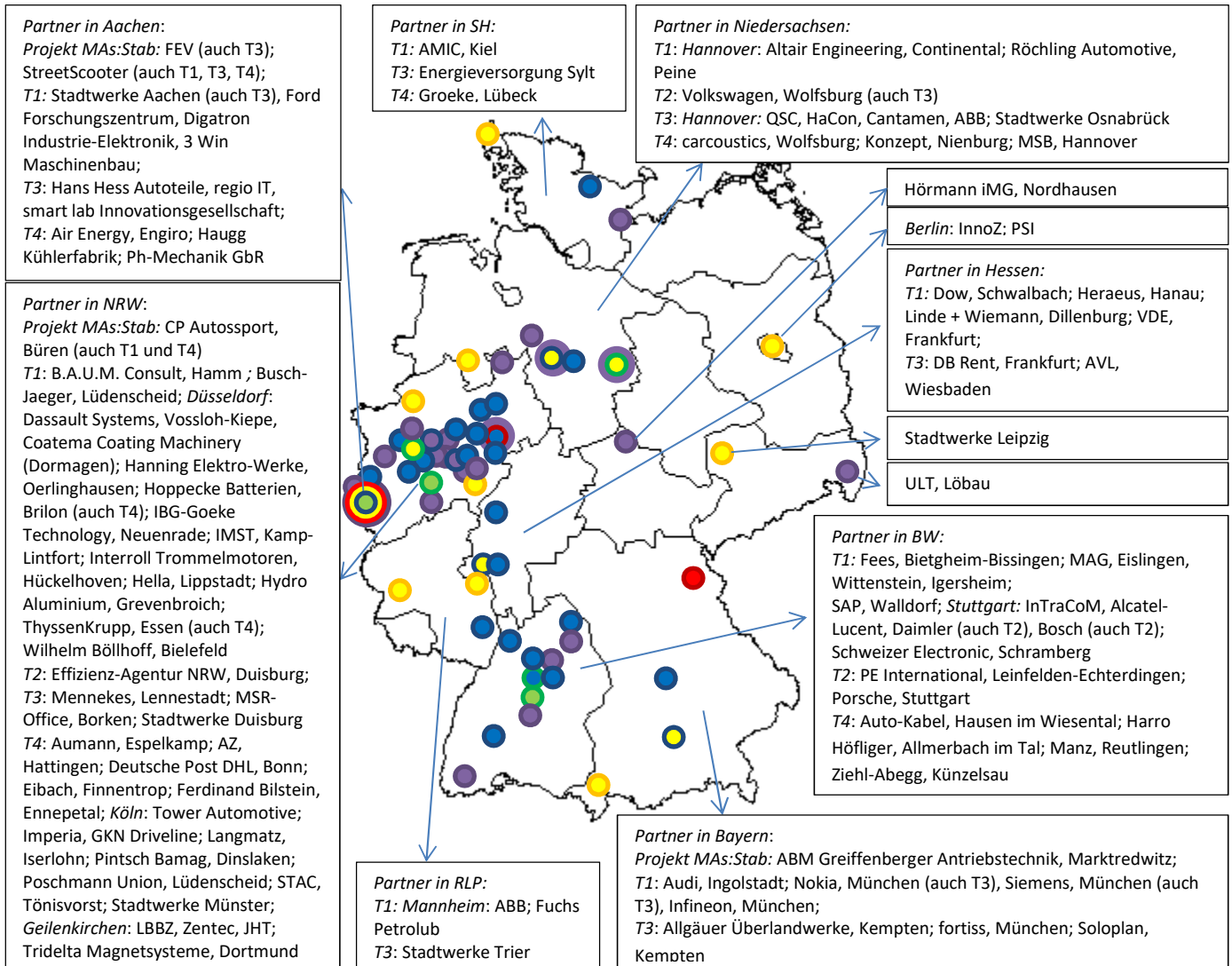
Quellen: Fraunhofer 2015 a/b

Abbildung C.2: Partner des WZE der TU München



Quellen: TUM 2015a, 2014; TUM Create 2013

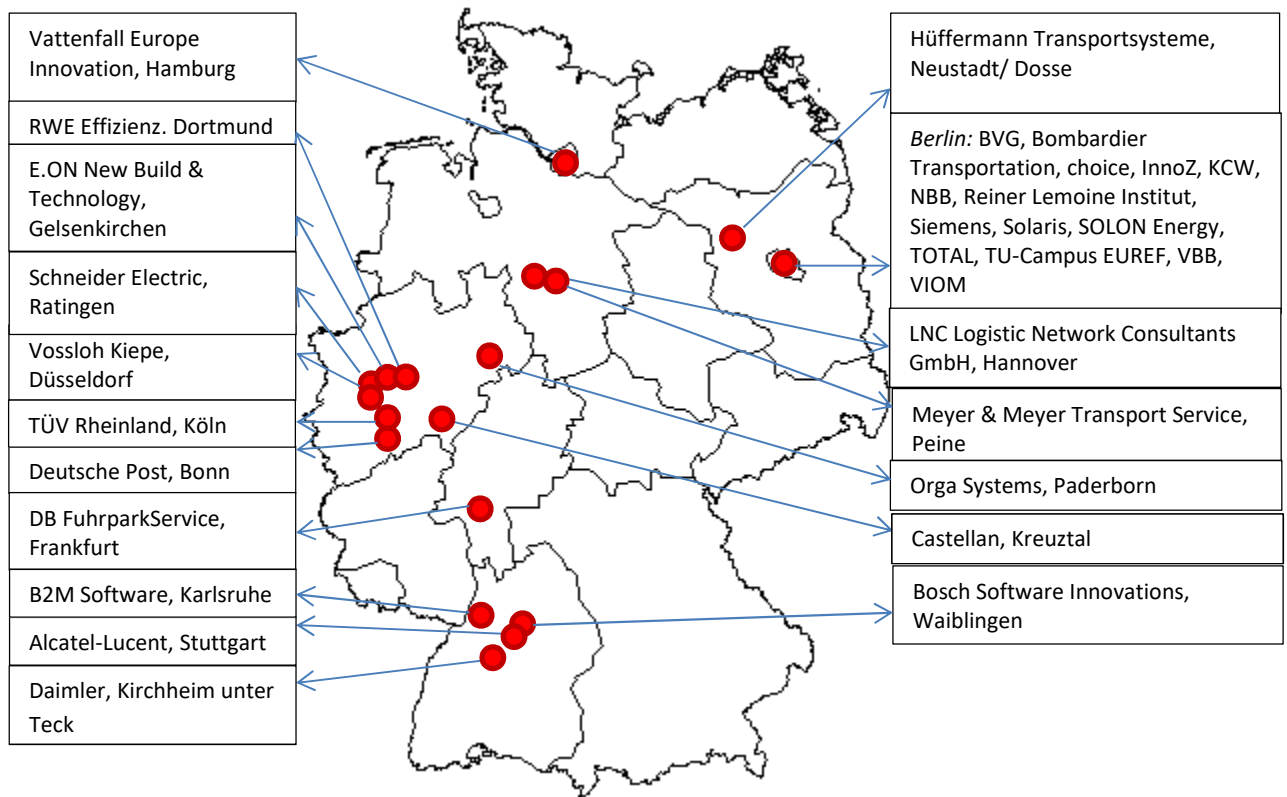
Abbildung C.3: Wirtschaftspartner der GSE der RWTH Aachen in Deutschland



- Projektpartner MA:Stab; ● Projektpartner Themenbereich Elektrischer Antriebsstrang (T1);
- Projektpartner Themenbereich Elektromobilproduktion (T2); ● Projektpartner Themenbereich IKT & IT (T3); ● Projektpartner Themenbereich Geschäftsmodelle (T4)

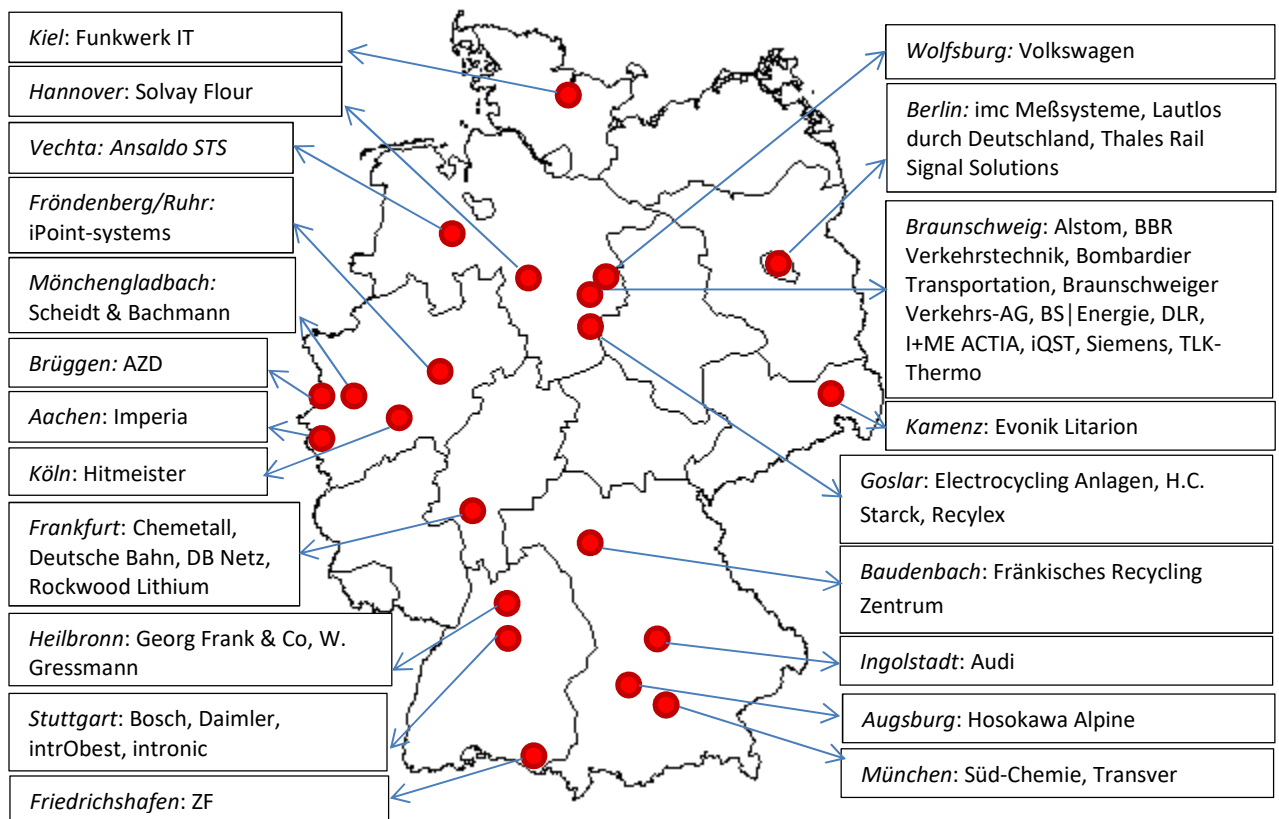
Quelle: RWTH Aachen 2015a

Abbildung C.4: Wirtschaftspartner des Forschungsnetzwerkselektromobilität der TU Berlin im Rahmen des Schaufensters Berlin-Brandenburg



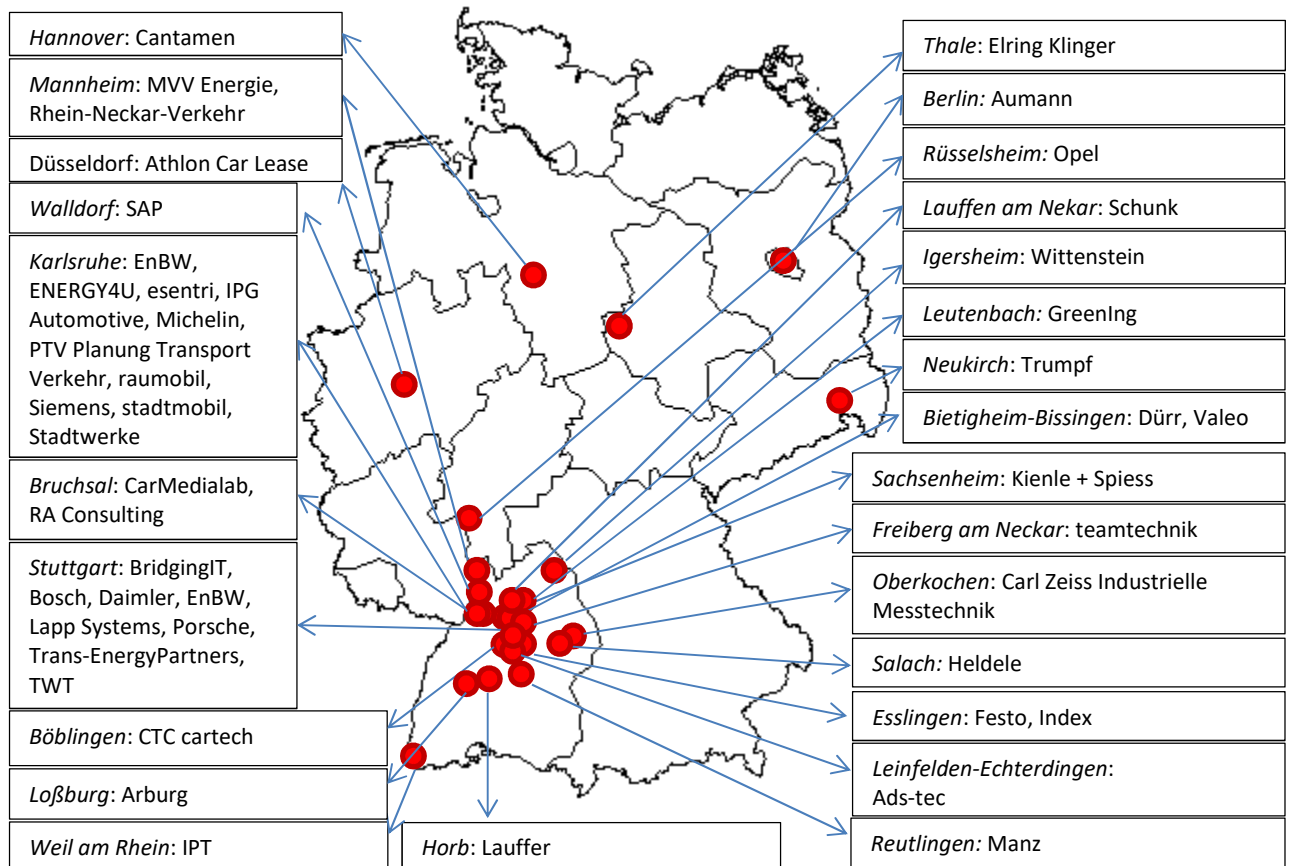
Quelle: TU Berlin 2015

Abbildung C.5: Wirtschaftspartner der NFF der TU Braunschweig in Deutschland



Quelle: TU Braunschweig 2015a

Abbildung C.6: Wirtschaftspartner des KIT in Deutschland



Quellen: Elektromobilität Süd-West 2015; KIT 2014, 2013 a/b

Anhang D: Beispiele für Forschungsk Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft entlang der elektromobilen Wertschöpfungskette (siehe Abb. 4.1, S. 155)

Wertschöpfungsschritt 1: Upstream-Zulieferung und -Dienstleistungen v. a. Batterien, E-Motoren, Leistungselektronik und Produktionsverfahren			
Projekt	Partner Wissenschaft	Partner Wirtschaft	Ziel des Projekts
Bamosa (Batterie – mobil in Sachsen) (1)	Fraunhofer IWS, IVI, IKTS und IFAM, Leibniz IFW und IPF, TU Dresden (Institut für Fertigungstechnik, Institut für Werkstoffwissenschaft, Fachrichtung Chemie und Lebensmittelchemie)	Namlab, EADS Deutschland, KMS Technology Center, SGS Fresenius	Forschung und Entwicklung für elektrische Energiespeicher
DryLIZ (2)	Fraunhofer-IWS	ULT, KAMA, SITEC Industrietechnologie, Norafin Industries	Trockene Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen
Dynamische induktive Energieübertragung (3)	Fraunhofer IFAM und IVI	IABG, ABB, EWE, Max Bögl, Draka, Tridelta	Prototypische Entwicklung induktiver Energieübertragung (fahrzeug- und straßenseitig)
E2V – Elektromobilitätskonzept mit teilautonomen Fahrzeugen (4)	Uni Kassel (Fachgebiete Anlagen und Hochspannungstechnik, Elektrische Energieversorgungssysteme, Leichtbau-Konstruktion und Mensch-Maschine-Systemtechnik,	E.ON, FINE Mobile, Ernst Hombach, Hymer Leichtmetallbau, Krebs und Aulich, Hella, Hueck	Entwicklung einer Teilautomatisierung für Elektrofahrzeuge
Epromo (5)	Fraunhofer IAO,	Daimler, Faude Automatisierungstechnik, MAG Europe, Wittenstein cyber motor, e-mobil BW	Prozessmodulares Fertigungskonzept für Elektromotoren
E-VECTOORC (Electric-Vehicle Control of Individual Wheel Torque for On- and Off-Road Conditions) (5)	TU Ilmenau, University of Surrey	Jaguar Cars, Land Rover, Flanders' Drive, Inverto, Fundacion CIDAUT, Aragon Technology Centre, Škoda Auto, Virtual Vehicle Competence Centre, TRW Automotive Lucas Varity	Entwicklung von hochentwickelte Fahrerassistenzsysteme für eine breite Palette an EV
ForElmo (6)	Fraunhofer IISB, TU München (FTM und EES), Hochschule Landshut (Technologiezentrum Energie), TH Nürnberg (EFI)	IAV, Infineon Technologies, LION Smart, TÜV SÜD Battery Testing, Clariant Produkte, EPCOS, FMS Systemtechnik, Modelon	Entwicklung neuer Lösungen zu ausgewählten Fragestellungen in den Schwerpunkten Elektromotor, Energiespeicher und leistungselektronische Schlüsselkomponenten
HELP (7)	Universität Bayreuth, Fraunhofer IZM	Schweizer Electronic, Huntsman Advanced Materials, Isola, Lüberg Elektronik, Hofmann Leiterplatten, Peters Research, Siemens, Bosch, Continental, Daimler, Linner Elektronik,	Entwicklung zuverlässiger und kostengünstiger Hochtemperatur-Elektronik für die Elektromobilität auf Basis von Leiter-Platten aus hochtemperaturbeständigen Harzsystemen

iKRAVT (8)	Hochschule Aalen, KIT	Bosch, CeramTec, KS Aluminium-Technologie	Entwicklung integrierter Keramik-Metall-Verbunde für robuste Aufbau- und Verbindungs-Technologien leistungselektronischer Module
LiB2015-BatMan (9)	Leibniz Universität Hannover	Infineon Technologies, Bosch, Clean Mobile, Li-Tec Battery, GEMAC	Entwicklung eines Batteriemagements für mobile Lithium-Ionen-Energiespeicher
LiB2015-Helion (9)	Fraunhofer, TU Berlin, Universität Bonn, TU Clausthal, Leibniz IFW, Universität Gießen, Leibniz Universität Hannover, Universität Münster	BASF, Bosch, VW, SGL CARBON, Freudenberg Vliesstoffe, GAIA Akkumulatorenwerke, Leclanché, EnBW	Entwicklung von Hochenergie-Lithiumionen-Batterien
LiB2015 - Li-Five (9)	RWTH Aachen, ZSW	TEMIC Automotive Electric Motors, Deutsche Accumotive, MERCK, Süd-Chemie, Li-Tec Battery	Entwicklung einer Fünf-Volt-Lithium-Ionen-Zellen mit hoher Lebensdauer
Light-eBody (10)	Fraunhofer-LBF, Universität Paderborn, RWTH Aachen	VW, Röchling Automotive, ThyssenKrupp Steel Europe, Hydro Aluminium Rolled Products, Ford-Forschungszentrum Aachen, Böllhoff Verbindungstechnik, Linde + Wiemann, Altair Engineering, DOW Deutschland	Entwicklung einer leichten und ressourcensparenden Elektrofahrzeugkarosserie in Multimaterialbauweise
Li-Mobility (10)	RWTH Aachen Forschungsinstitut für Rationalisierung	FEV	Erforschung der Grundlagen für Batteriemangement-algorithmen für LiFePO4 Batterien in EV unter Berücksichtigung der Alterung
LiSSi (11)	TU München	VW, Wacker Chemie	Entwicklung einer Lithium-Schwefel Batterie
MotorBrain (12)	TU Dresden, Hochschule Amberg-Weiden	Siemens, Infineon Technologies, Robert Seuffer, ZF Friedrichshafen	Entwicklung von Nanoelektronik für intelligente, ausfallsichere Antriebe für EV
PerEMot (8)	Leibniz IFW	Vacuumschmelze, Siemens	Entwicklung eines permanentenregten Elektromotor mit verbesserten Eigenschaften
PowerGaNPlus (8)	FBH, Universität Erlangen-Nürnberg, RWTH Aachen, Fraunhofer IAF und ISI	Bosch, KACO new energy, IXYS Semiconductor, United Monolithic Semiconductors	Entwicklung von Gallium-nitrid-(Halbleiter-) Technologie als Spannungswandler für Elektro- und Hybridfahrzeuge
PRESCHE (2)	Fraunhofer-ICT, Universität Stuttgart (IFB)	Quickstep, CORIOLIS, EDAG, Audi	Entwicklung einer Prozesskette zur ressourceneffizienten Composite-Herstellung für die E-Mobilität

ProLIZ (2)	TU München	Manz Tübingen, BMW, edevis, Trumpf Laser- und Systemtechnik	Entwicklung einer Produktionstechnik für Lithium-Ionen-Zellen
ProSysEasy (13)	Leibniz IPF, Ruhr-Universität Bochum, Universität Erlangen-Nürnberg, Universität Tübingen	Bosch, BMW, A. Schulman, ESK Ceramics, H.C. Carbon	Entwicklung innovativer Werkstoffe zur Prozess- und Systemvereinfachung der Li-Ionen-Batterie
SafeAdapt (5)	Fraunhofer ESK	AWEFLEX, CEA LIST, Delphi Deutschland, Duracar, Fico Mirrors, Tecnalia, Pininfarina, Siemens, TTTech	Entwicklung einer adaptiven Softwarearchitektur für EV
SafeBatt (14)	Fraunhofer ICT, TU Braunschweig (iPAT), TU München, Universität Münster (Batterie-forschungszentrum MEET)	BASF, BMW, Daimler, Deutsche ACCUmotive, ElringKlinger, Evonik Litarion, Infineon Technologies, Li-Tec Battery, SGS Germany, Volkswagen, Wacker Chemie	Entwicklung neuer Materialien, Testmethoden und Halbleitersensoren für den Einsatz in Lithium-Ionen-Batterien
STROM – AlkaSuSi (9)	Fraunhofer-ICT und IWS, Universität Kiel	Schott, Bayer Technology Services	Neue Materialkonzepte für Alkalimetall-Schwefel- bzw. Akalimetallsulfid-Silizium-Batterien
ZuSE - Zuverlässigkeit und Sicherheit von Elektro-fahrzeugen (5)	Universität Stuttgart (IVK und ISV)	ZF Friedrichshafen, Opel	Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen für EV

Wertschöpfungsschritt 2: Herstellung und Produktion von Elektrofahrzeugen vor allem BEV			
Projekt	Partner Wissenschaft	Partner Wirtschaft	Ziel des Projekts
ePerformance (15)	RWTH Aachen, Fraunhofer IESE	Audi Electronics Venture, Audi, Bosch, Bosch Engineering	Konzeption und Aufbau eines BEV
MUTE (16)	TU München (20 Lehrstühle)	C-CON, IAV, Gerg RPT, R&R Kfz Rep.	Entwicklung des Elektroauto Prototypen MUTE
StreetScooter (17)	Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen, FH Aachen, Universität Siegen (Lehrstuhl für Fahrzeugleichtbau)	Athlon Car Lease, Aumann, Dräxlmaier, GEDIA, Kirchhoff, MAG, o.m.t, production.net, AC, Rehau, StreetScooter Research, Wittenstein, AVEK Haarlem, Behr-Hella, Thermocontrol, BORBET, CP Autosport, DEKRA, Dunlop Tires Germany, DUROtherm, Easy Auto Service, E-votion, FACTON, Gesellschaft für Industrieforschung, Gödde, Hans Hess, Hella, IBG, ISRI, Kiekert, Kussmaul, LBBZ, LPG, Missing Link Electronics, MSC, NedCar, Objet, Poschwatta Automotive Design, PROSTEP, PSI, PTC, Röchling Automotive, Schwering & Hasse Elektrodraht, SPL	Entwicklung und Produktion von nachhaltig wirtschaftlichen EV und Bereitstellung passender Mobilitätsdienstleistungen

		Electronics, STAC Elektronische Systeme, STAWAG, Synflex Elektro, ThyssenKrupp Steel, Tieto, TRW, Vitasheet, Witte Automotive, ZenTec Automotive	
--	--	--	--

Wertschöpfungsschritt 3: Geschäfts- und Vertriebsmodelle für Elektromobilität

Projekt	Partner Wissenschaft	Partner Wirtschaft	Ziel des Projekts
BeMobility (18)	DAI-Labor der TU Berlin, LSE	DB, InnoZ, HaCon, RWE, Vattenfall, Solon, Contipark, BVG, S-Bahn, VBB, Toyota, TÜV Hessen	Integration von EV in den ÖV, Entwicklung und Umsetzung integrierter Produktbilder
BeMobility 2.0 (18)	DAI-Labor und Sense der TU Berlin, LSE	DB, Bosch, Büro Happold, Choice, Contipark, Daimler, HaCon, InnoZ, Schneider Electrics, Alcatel-Lucent, BVG, DB BahnPark, DB Energie, Hiriko, Infracore Eurasia, NBB, S-Bahn, Toyota, VBB, Vattenfall Europe	Entwicklung und Umsetzung tragfähiger Angebote für Carsharing mit Elektroautos
eE-Tour Allgäu (19)	TU München (Institut für Informatik), Hochschule Kempten, Universität Tübingen	AÜW, Soloplan, MoveAbout, AL-KO, ABT Sportsline, John Deere European Technology Innovation Center, Energy 4You (Siemens Business)	Untersuchung der Möglichkeiten der Elektromobilität im Tourismus für das Allgäu
ELMO - Elektromobile Urbane Wirtschaftsverkehr (20)	Fraunhofer IML	Busch-Jaeger Elektro, CWS- boco Deutschland, T€Di, UPS Deutschland	Abbauen von Anschaffungs- hürden und Unterstützung von Unternehmen beim Erwerb von EV, bei der Einsatzplanung und im Betrieb
Neue Mobilität im ländlichen Raum (3)	Fraunhofer IFAM, Jacobs University Bremen, BEI, Offis e.V., Universität Bremen (BIK)	AGT Group (Germany), H2O e-mobile, CRIE Centre for Regional and Innovation Economics, DFKI	Weiterentwicklung der Elektromobilität für den ländlichen Raum in und um die Region Bremen/ Oldenburg
PMC Modul 4 - Modellregion Bremen/ Oldenburg (21)	BEI, Fraunhofer IFAM und IWES, Jacobs University gGmbH, OFFIS e.V	CRIE Centre for Regional and Innovation Economics, BIBA, DFKI	Entwicklung von Verkehrs- konzepten und Geschäfts- modellen für Elektromobilität
RheinMobil (22)	KIT, Fraunhofer ISI	Michelin, Siemens	Untersuchungen der Wirtschaftlichkeit von Pendeln mit EV zwischen Baden und dem Elsass

Wertschöpfungsschritt 4: Mobilitätskonzepte, Kunden- und Zielgruppen für Elektromobilität

Projekt	Partner Wissenschaft	Partner Wirtschaft	Ziel des Projekts
CROME – Cross- border Mobility for EVs (21)	KIT, EDF	Porsche, EnBW, Bosch, Siemens, Schneider Electric, PSA, Renault	Untersuchung von grenzüberschreitender Elektromobilität

E-Aix (21)	RWTH Aachen (IAEW, IME, IFHT, ISB, ISEA, WZL)	STAWAG, InnoZ, DB Rent, MOTOO – Hans Hess Autoteile, HOPPECKE Batterien, FKA, EcoCraft	Machbarkeitsanalyse „Elektromobiles Oberzentrum und ländliche Regionen“
eFlott (21)	TU München	Audi, E.ON, Stadtwerke München	Flottenversuch mit 10 Audi A1 e-tron in der Modellregion München
Elektromobilität in Bingen (23)	FH Bingen	TSB, assoziiert: Conraco Cobus	Testbetrieb auf der städtischen Buslinie 604 zwischen den Binger Bahnhöfen und der FH
Elektromobilität vernetzt nachhaltig (21)	Fraunhofer IAO und IPA	Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim, Cargo-Logix	Integration von EV in den kommunalen Fuhrpark
E-Mobilität im Pendlerverkehr (21)	RTWH Aachen IFHT	RWE Effizienz, FKA, Renault Deutschland	Erprobung des elektrischen Pendlerverkehrs entlang der Städteketten der A40 mit Fokus auf die Städte Mülheim, Essen und Dortmund
metropol-E (24)	TU Dortmund, TU Berlin	PTV, Ewald Consulting, RWE Effizienz	Erprobung elektrischer, kommunaler Mobilitätskonzepte in Verbindung mit intelligentem und schnellem Laden in der Metropolregion Ruhr
MINI E (5)	TU München	BMW, Bayern Innovativ, assoziiert: Flughafen München, Stadtwerke München	Analyse des Fahrverhaltens von Nutzern, die zusätzlich zu einem EV ein konventionelles Fahrzeug fahren
MINI E Berlin (5)	TU Chemnitz, TU Ilmenau	BMW, Vattenfall	Feldversuch von 50 BMW Mini E und öffentlicher Ladeinfrastruktur in Berlin
MOREMA (21)	FH Frankfurt, Goethe-Universität Frankfurt, Fraunhofer IPA	juwi, e-hoch-3	Integration von EV in den juwi-Fuhrpark
PMC Modul 2 - Modellregion Bremen/ Oldenburg (21)	Fraunhofer-IFAM	DFKI	Intelligente Integration Elektromobilität

Wertschöpfungsschritt 5: Downstream-Dienstleistungen für Elektromobilität v. a. Ladeinfrastrukturaufbau und -betrieb

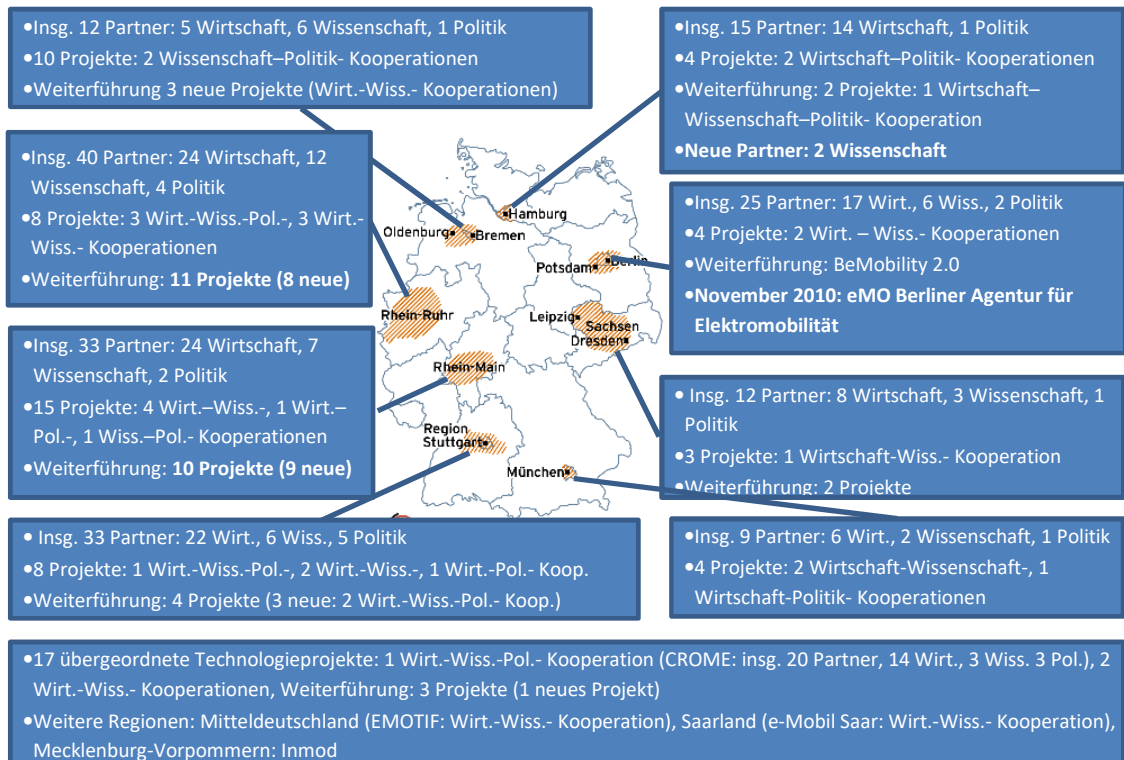
Projekt	Partner Wissenschaft	Partner Wirtschaft	Ziel des Projekts
econnect Germany (10)	Hochschule Kempten, FH Trier, Universität Duisburg-Essen, RWTH Aachen	Stadtwerke Osnabrück, SWT, Stadtwerke Duisburg, STAWAG, AÜW, Stadtwerke Leipzig, EVS, HaCon, Siemens, msroffice, Soloplan, Schleupen, ABB, PSI, John Deere, smartlab	Entwicklung von Verkehrskonzepten und Infrastruktur für Elektromobilität
Elektromobile Stadt (21)	Universität Stuttgart (IAT und SI), Fraunhofer IAO	Zweckverband Flugfeld Böblingen / Sindelfingen, Wirtschaftsförderung Sindelfingen, Langmatz, FTG	Integration der elektromobilen Infrastruktur in die Stadtentwicklung und Stadtgestaltung der Zukunft

Flottenversuch Elektromobilität (25)	DLR (Institut für Verkehrsforschung), Fraunhofer ISiT, Universität Münster	E.ON, Evonik Litarion, GAIA Akkumulatorenwerke, IFEU, VW	Nutzung von Batterien in EV (20 Versuchsfahrzeuge VW Golf TwinDrive, je 10 in Berlin und Wolfsburg) als Stromspeicher
Harz.EE-Mobility (26)	Fraunhofer IFF und IWES, Hochschule Harz, Universität Magdeburg	DB, E.ON, Halber Stadtwerke, in.power, Krebs& Aulich, Regenerativ Kraftwerke Harz, Siemens, Stadtwerke Blankenburg, Stadtwerke Uedlinburg, Stadtwerke Wernigerode, Vodafone	Untersuchung der optimalen Nutzung von regional erzeugter, regenerative erneuerbarer Energie für elektrisch betriebene Fahrzeuge und der kontrollieren Einbindung in das Smart Grid
LiB2015 – Recycling (9)	RWTH Aachen	ACCUREC-Recycling Gesellschaft	Rückgewinnung der Wertstoffe aus zukünftigen Lithium-Ionen-basierten Automobil-Batterien
MeRegioMobil (Smart Home) (27)	KIT, Fraunhofer ISI	Opel, EnBW, Daimler, Bosch, SAP, Stadtwerke Karlsruhe	Untersuchung der Chancen und Herausforderungen der Einbindung von EV in das Energiesystem in Verbindung mit dem Smart Home
MORE (8)	Fraunhofer ISI, Universität Erlangen-Nürnberg, TU Clausthal	Siemens, Daimler, Vacuumschmelze, Umicore, Öko-Institut	Recycling von Komponenten und strategischen Metallen aus elektrischen Fahr- antrieben – Motor Recycling
Prädem (5)	TU Ilmenau, Universität Kassel FSG	VW	Entwicklung eines Diagnosesystems für EV für Werkstätten
Secure eMobility (28)	Ruhr-Universität Bochum (8 Professoren aus IT-Sicherheit, Energietechnik, Elektronik und Jura), FH Gelsenkirchen	ESCRYPT, Daimler, Elmos, smartlab	Entwicklung neuartige IT-Sicherheitstechnologien für die Elektromobilität zum Schutz das „smarten“ miteinander von EV, Energienetzen und Verkehrssystemen
Well2Wheel (29)	Fraunhofer LBF, TU Darmstadt, Frankfurt University of Applied Sciences	ENTEKA, HSE, NTB Technoservice, Continental Automotive, EUS	Untersuchung der zukünftigen Auswirkungen wachsender Elektromobilität auf die Stromnetze, deren Steuerung und Integration in das Verteilernetz

Quellen: (1) Fraunhofer 2013b, (2) KIT 2015a, (3) Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg 2013, (4) Universität Kassel 2015, (5) Innovations-report, (6) Fraunhofer 2015c, (7) Schweizer Electronic 2011, (8) Cluster Leistungselektronik 2015, (9) Institut für Physikalische Chemie 2011, (10) RWTH Aachen 2015a, (11) TUM 2015d, (12) MotorBrain 2014, (13) Lehrstuhl für Kunststofftechnik 2011, (14) elektroniknet.de 2012, (15) Automobilwoche Juli 2010, (16) TUM 2014, (17) StreetScooter 2014 (18) DB 2014, (19) TUM 2015a, (20) Fraunhofer IML 2015, (21) Tenkhoff/ Braune/ Wilhelm 2011, (22) KIT 2012, (23) Fachhochschule Bingen 2011, (24) RWE Effizient 2015, (25) IFEU 2014, (26) Harz.EE-Mobility 2015, (27) Opel 2011, (28) BMWi 2015, (29) ENTEKA 2015

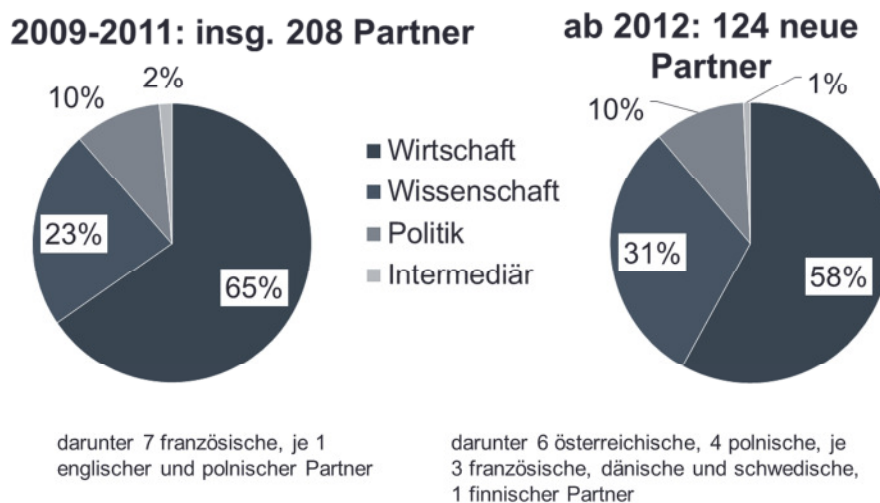
Anfang E: Modellregionen Elektromobilität: Förderschwerpunkt des BMVBS

Abbildung E.1: Überblick über die Modellregionen Elektromobilität



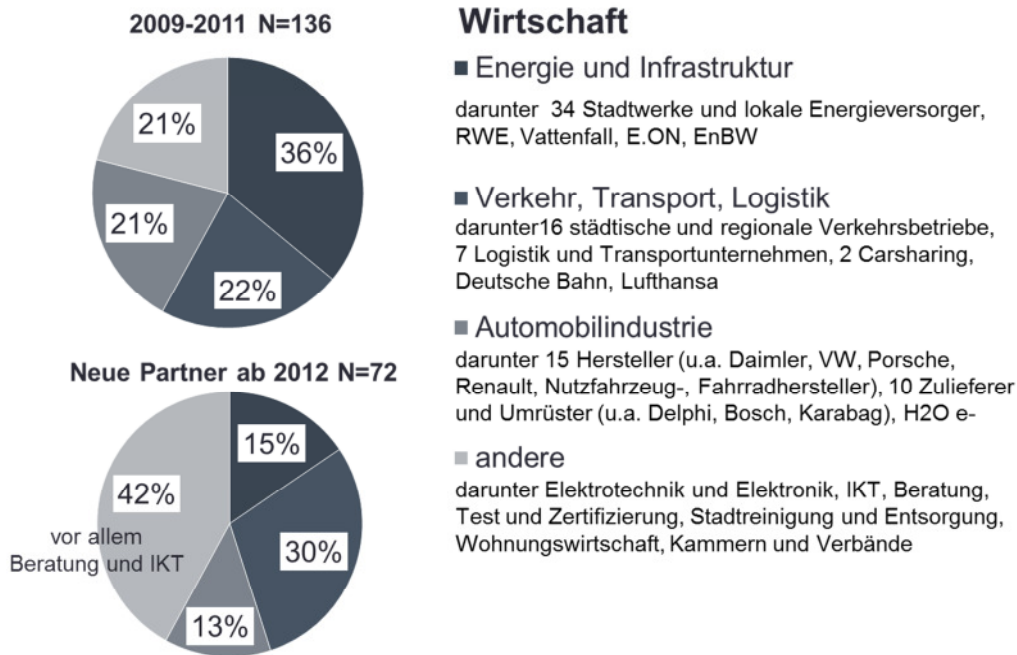
Quellen: AIT 2015; eMAP 2015; Eversafe 2015; ESEA 2014; NOW 2012; BMVBS 2011a/b; IFPEN 2011; MFW BW/ e-mobil BW/ Fraunhofer IAO 2011

Abbildung E.2: Beteiligte Organisationen



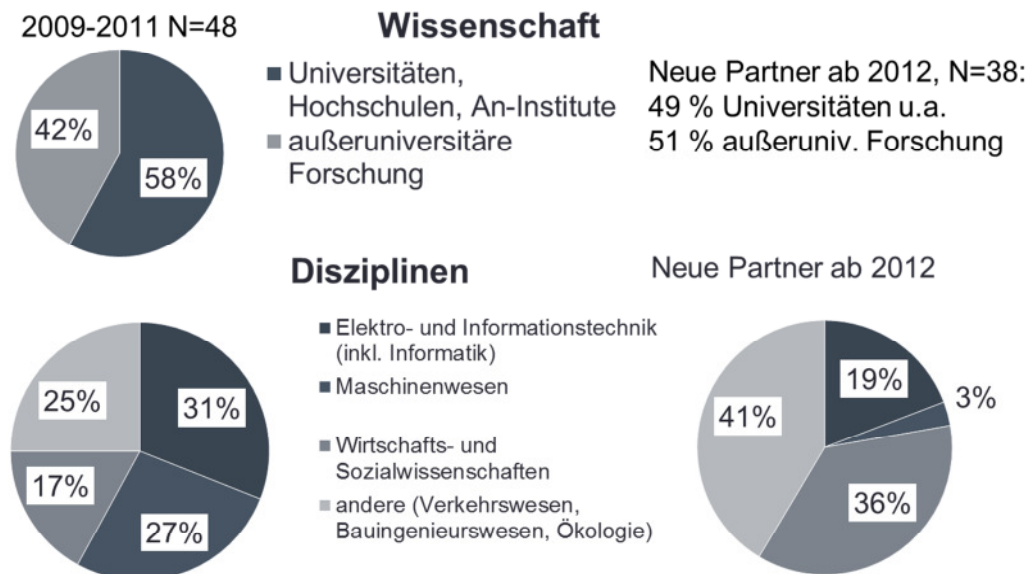
Quellen: NOW 2012; BMVBS 2011b

Abbildung E.3: Beteiligte Organisationen der Wirtschaft



Quellen: NOW 2012; BMVBS 2011b

Abbildung E.4: Beteiligte Organisationen der Wissenschaft

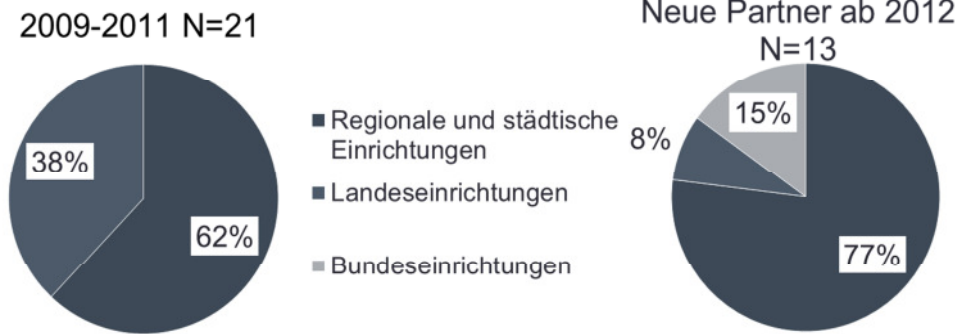


Quellen: NOW 2012; BMVBS 2011b

Abbildung E.5: Beteiligte Organisationen des politischen Systems

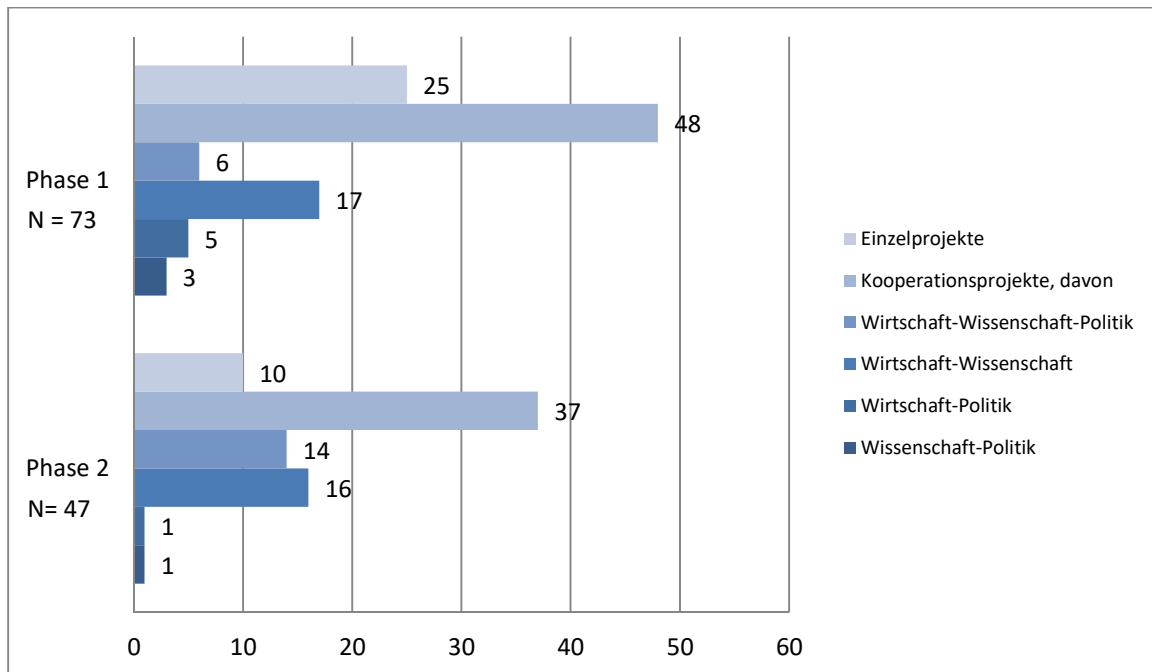
Politik

- Teil der Förderung von Ausbau, Markt- und Technologievorbereitung von Elektromobilität durch die Bundesregierung (2009-2011, insg. 130 Mio. Euro, Fortführung durch das BMVBS bis 2016



Quellen: NOW 2012; BMVBS 2011b

Abbildung E.6: Förderung von Kooperationen



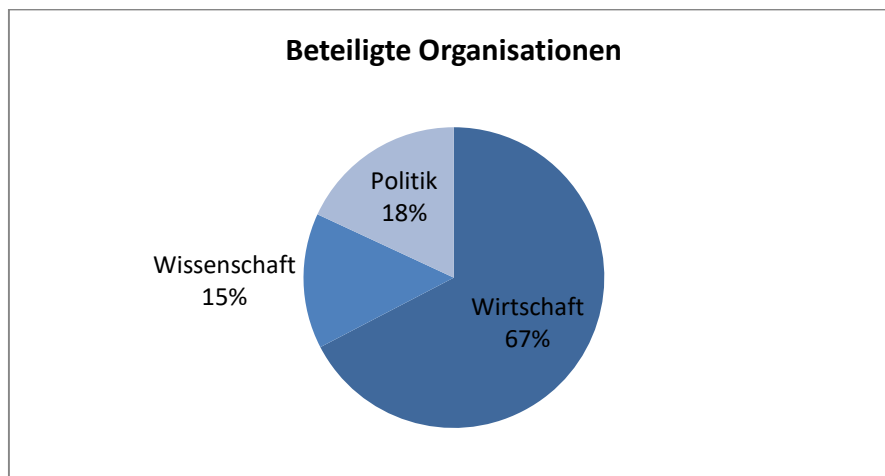
Quellen: NOW 2012; BMVBS 2011b

Anhang F: Schaufenster für Elektromobilität

Abbildung F.1: Beteiligte Organisationen an den Schaufenstern für Elektromobilität

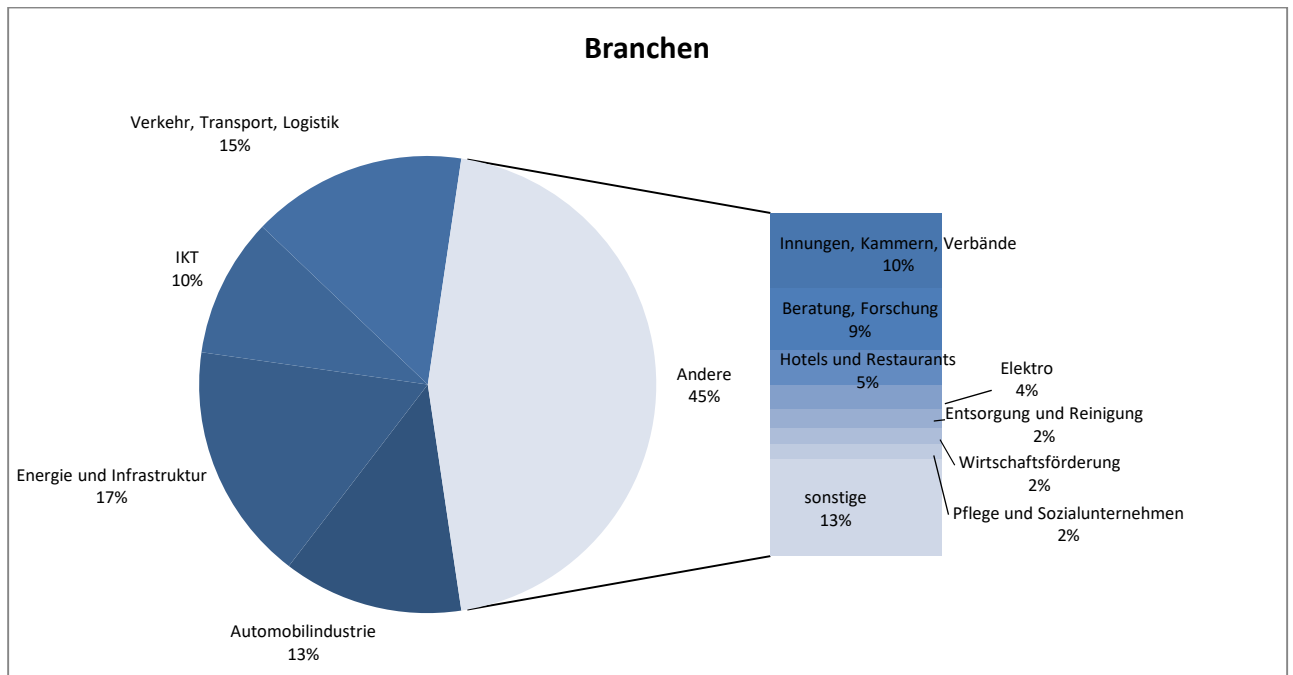
Anzahl (+ Assoziierte)	Wirtschaft	Wissenschaft	Politik	Gesamt
Baden-Württemberg	57 (+25)	9	21 (+1)	87 (+26)
Berlin-Brandenburg	62 (+12)	9 (+1)	15 (+7)	86 (+20)
Bayern-Sachsen	61	19	4	84
Niedersachsen	64 (+1)	22	21	107 (+1)
Gesamt*	227 (+33)	49 (+1)	61 (+8)	338 (+43)
An mehreren Projekten beteiligt	16 (+4)	6	0	22 (+4)

*Gesamtanzahl der Partner ist nicht gleich der Summe der Partner der einzelnen Schaufensterregionen, da einige Partner in mehreren Regionen aktiv sind



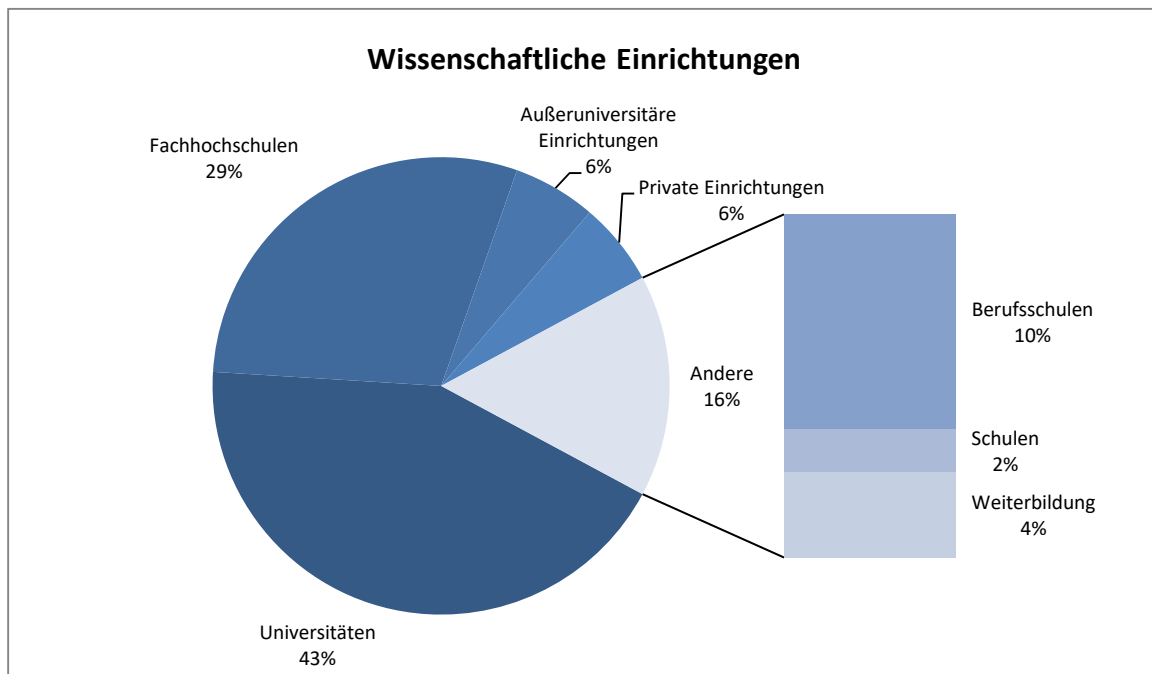
Quellen: Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMo 2014; e-mobil BW/ WRS 2014

F.2: Verteilung der Wirtschaftsorganisationen auf Branchen



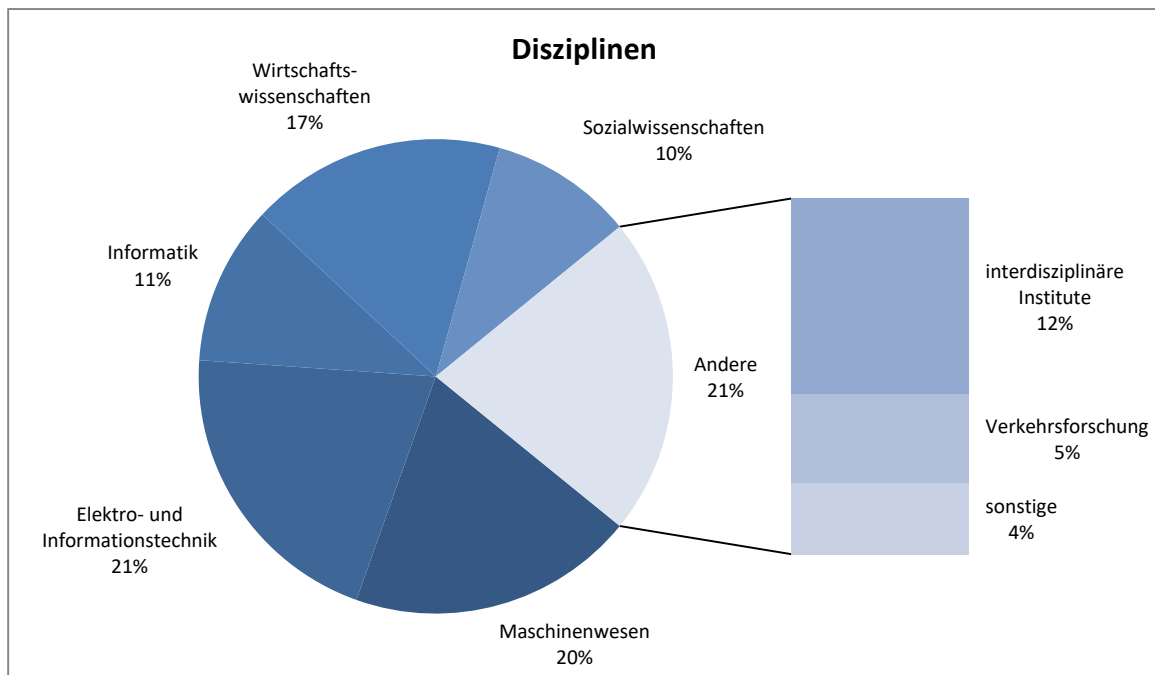
Quellen: Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMo 2014; e-mobil BW/ WRS 2014

F.3: Verteilung der Wissenschaftsorganisationen



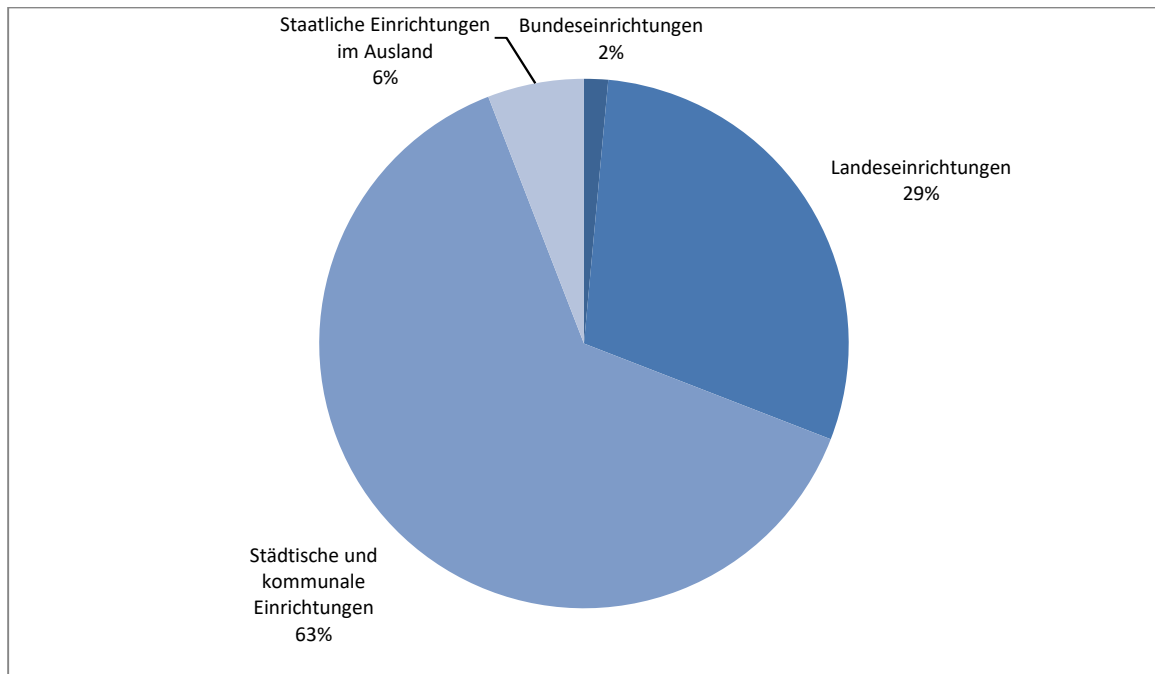
Quellen: Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMo 2014; e-mobil BW/ WRS 2014

F.4: Verteilung der Wissenschaftsorganisationen auf Disziplinen



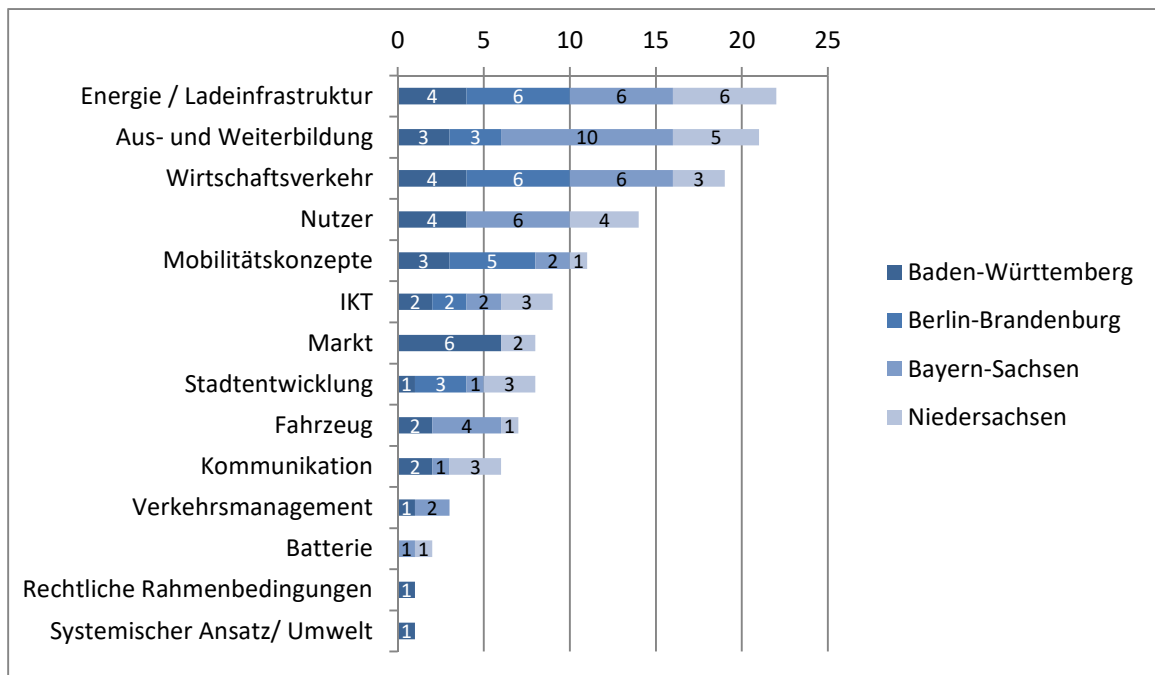
Quellen: Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMo 2014; e-mobil BW/ WRS 2014

F.5: Verteilung politischer Einrichtungen



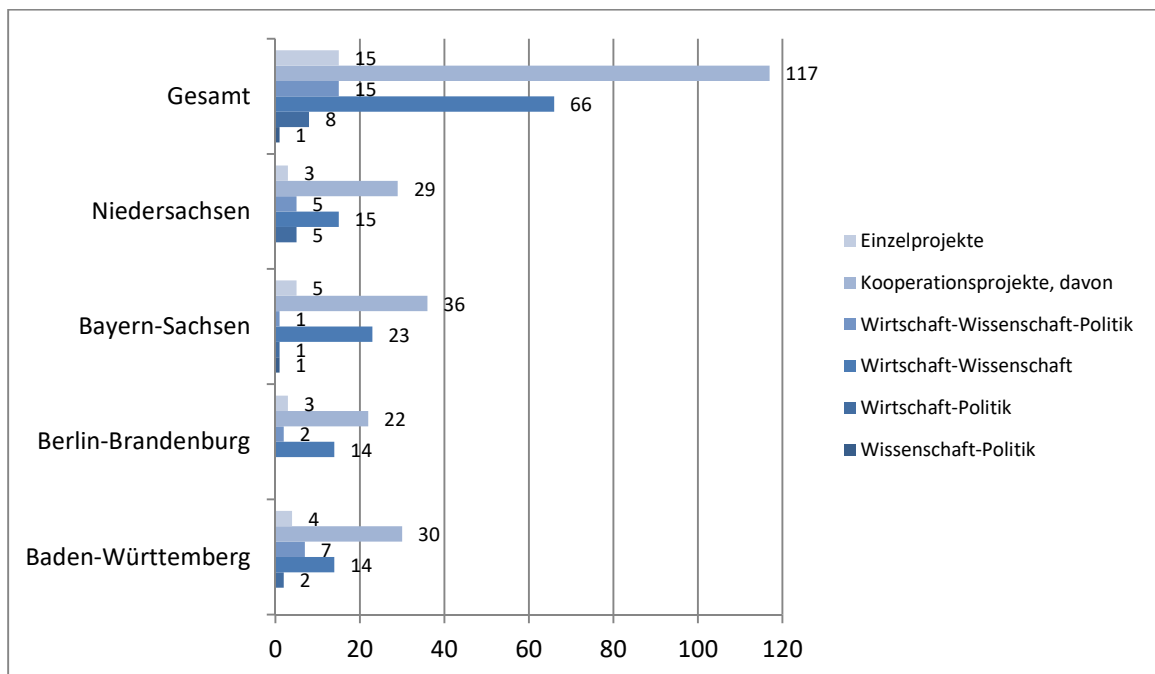
Quellen: Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMo 2014; e-mobil BW/ WRS 2014

F.6: Verteilung inhaltlicher Schwerpunkte



Quellen: Deutsches Dialog Institut 2014

F.7: Förderung von Kooperation



Quellen: Bayern Innovativ 2014; Deutsches Dialog Institut 2014; eMo 2014; e-mobil BW/ WRS 2014

Anhang G: Übersicht über Triple-Helix-Kooperationen in den Modellregionen und Schaufenstern, Stand 2015

Tabelle G.1: Triple-Helix-Kooperationen in den Modellregionen

Projekt	Partner	Gegenstand
<p>colognE-mobil Modellregion Rhein-Ruhr, 1. Phase (01/2009-09/2011) Fortgesetzt im Projekt colognE-mobil II (s. u., Politik als assoziierter Partner)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ford-Werke GmbH (Konsortialführer) - RheinEnergie AG <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Universität Duisburg-Essen, Fachgebiet Mechatronik <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Köln 	<p>Erprobung von 15 Fahrzeugen unter Alltagsbedingungen im normalen Kundenbetrieb:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anforderungen an die Elektromobilität und Zahlungsbereitschaft - Entwicklung und Aufbau von Ladetechnik und Infrastruktur - Aufskalierung der Flottenversuche mithilfe von Verkehrssimulationen und Fahrsimulatoren - Entwicklung eines Systemansatzes unter Berücksichtigung von Luftqualität, Kundenakzeptanz, Logistikkonzepten und Sicherheitsaspekten
<p>CROME – CROSS-border Mobility for EVs Modellregionen, Übergeordnetes Technologieprojekt, 1. Phase (04/2011-01/2014)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bosch - Daimler - EDF - EnBW - Porsche - PSA Peugeot Citroen - Renault - Schneider Electric - Siemens <p>Assoziierte Partner:</p> <ul style="list-style-type: none"> - E-Werk Mittelbaden - Nissan - Stadtwerke Baden-Baden - Stadtwerke Karlsruhe - VDA - Star.Energiewerke Rastatt - Toyota <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - KIT, Energiewirtschaft & BWL/Produktionswirtschaft und Logistik) - EIFER - IFSTAR <p><u>Politik:</u> (assoziierter Partner)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Communauté Urbaine de Strasbourg - Conseil Régional Alsace - Conseil Général de la Moselle 	<p>Grenzüberschreitende Demonstration von EV (Elsass/ Baden):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konzeption und Erprobung einer grenzüberschreitenden interoperablen Ladeinfrastruktur (Ladestecker & -kommunikation, Zugangssysteme u. a.) - Erprobung neuartiger Elektromobilitätskonzepte (Roaming u. a.) - Evaluierung des grenzüberschreitenden Nutzerverhaltens

<p>E-Aix Modellregion Rhein-Ruhr, 1. Phase (03/2010- 10/2011)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - FKA - EcoCraft Automotive GmbH (OEM Elektro-Nfz)¹ - DB Rent GmbH (Carsharing) - Hess Gruppe (Autoteilegroßhandel) - Hoppecke (Batterien) - InnoZ GmbH - STAWAG (Konsortialführer) <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - RWTH Aachen, ISEA, IFHT, IAEW, IME, ISB & WZL <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Aachen - Städteregion Aachen 	<ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung der Auswirkungen von Elektromobilität auf Energienetze, das regionale Verkehrsgeschehen, städtische Infrastrukturen, Transfer und Felddatenauswertung - Implementierung eines Batteriewechselsystems für Roller - Aufbau eines Pedelec-Verleihsystems - Integration von elektrischen Nutzfahrzeugen in den städtischen Pool - Einbau von Lithium-Ionen-Technologie in Fahrzeuge
<p>E-City-Logistik Modellregion Berlin/ Potsdam, 1. Phase (07/2010- 06/2011)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Deutsche Post DHL - Meyer & Meyer Transport Services - LNC - VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH - SGE Green Energy Solutions AG (Erprobung Erneuerbarer Energien) <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DLR, Institut für Verkehrsforschung - Fraunhofer IPK <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - SenStadt Berlin 	<p>Untersuchung der Potenziale elektrischer Nfz im innerstädtischen Belieferungsverkehr in den Bereichen Verkehr, Energie und Umwelt bieten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung des logistischen und ordnungsrechtlichen Gestaltungsbedarfs - Mögliche Ausdehnung der Belieferung in die Tagesrandlage und zeitliche Entzerrung der Lieferverkehre
<p>Elektromobile Stadt Modellregion Stuttgart, 1. Phase (04/2010-10/2011)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - FTG der Stadtwerke Sindelfingen und Böblingen - Langmatz GmbH - Siedlungswerk GmbH Wohnungs- und Städtebau - Zweckverband Flugfeld Böblingen / Sindelfingen <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fraunhofer IAO - Universität Stuttgart, IAT & SI <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadtmarketing Böblingen (Konsortialführer) - Wirtschaftsförderung Sindelfingen 	<ul style="list-style-type: none"> - Integration der elektromobilen Infrastruktur in die Stadtentwicklung - Identifikation von Wandlungstreibern für die Stadtgestaltung der Zukunft - Praktische Integration von EV in die Stadt

¹ EcoCraft beantragte 2011 Insolvenz (vgl. Handelsblatt 2011a).

<p>E-mobil NRW Modellregion Rhein-Ruhr, 1. Phase (03/2010-06/2011)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Drive CarSharing GmbH - Energieversorger Oelde - Lufthansa Technik AG - Stadtwerke Brühl - Stadtwerke Düsseldorf (Konsortialführer) - Stadtwerke Emmerich - Stadtwerke Fröndenberg - Stadtwerke Hilden - Stadtwerke Monheim - Stadtwerke Schwerte <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Wuppertal Institut (interdisziplinär) <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Düsseldorf 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufbau einer Ladeinfrastruktur - Entwicklung von Geschäftsmodellen und Zusatzprodukten - Verbreiterung der Partnerbasis - Intensivierung der Kommunikation - Schaffung von Sicherheit bei der Fahrzeugwartung - Erhöhung des Marktdrucks auf breiter Front und Steigerung der Attraktivität - Erprobung von Ladeinfrastruktur und Fahrzeugen im Alltag
<p>colognE-Mobil II Modellregion Rhein-Ruhr, 2. Phase (07/2012-06/2015) Fortsetzung des Projekts colognE-Mobil (s.o.)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DB FuhrparkService GmbH - Energiebau Solarstromsysteme GmbH - Flughafen Köln-Bonn GmbH - Ford Werke GmbH - Regionalverkehr Köln GmbH - RheinEnergie AG (Konsortialführer) - TRC GmbH - TÜV Rheinland Kraftfahrt GmbH <p>assoziiertes Partner:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kölner Verkehrs-Betriebe AG - Taxi Ruf Köln <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Universität Duisburg-Essen, Mechanik/ Maschinenbau, Interaktive Systeme/ Informatik, Stadtplanung & Städtebau, ABWL & Internat. Automobilmanagement, ABWL & Automobilwirtschaft <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Köln (assoziiertes Partner) 	<p>Erweiterung der Fahrzeugflotte auf rund 55 Fahrzeuge:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einbindung von Elektromobilität in alle wesentlichen Verkehrsträger und Verkehrsunternehmen in einem Ballungsraum - Vergleich PHEV und BEV - Erprobung einer innovativen Ladeinfrastruktur - Einbindung dezentraler, regenerativer Energieerzeugung
<p>E-Carflex Business Modellregion Rhein-Ruhr, 2. Phase (01/2013-01/2016)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Drive CarSharing - Stadtwerke Düsseldorf <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Wuppertal Institut (interdisziplinär) <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Düsseldorf 	<p>Entwicklung und Erprobung eines Betriebs- und Geschäftsmodells für EV von Unternehmensflotten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung der Auslastung durch betriebliche Nutzung, private Nutzung durch Mitarbeiter und Verleih an externe Kunden - Integration in ein multi- und intermodales, regionales Mobilitätsangebot - Öffnung für Nutzer des ÖPNV - Beschaffung von 31 EV

<p>Elmo - Elektromobile Urbane Wirtschaftsverkehre Modellregion Rhein-Ruhr, 2. Phase (09/2011-08/2014)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ABB Busch Jäger Elektro GmbH (Elektroinstallationstechnik) - CWS-boco International - T€Di Logistik GmbH - UPS Deutschland <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fraunhofer IML <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Dortmund Wirtschaftsförderung 	<p>Einsatz von EV im urbanen Wirtschaftsverkehr der beteiligten Unternehmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abbauen von Berührungsängsten - Unterstützung von Unternehmen beim Erwerb der Fahrzeuge, bei der Einsatzplanung und im Betrieb - Neue Belieferungsmodelle mit Ausnahme-genehmigungen
<p>eMAP electro-mobility – scenario based Market potential, Assessment and Policy options Modellregionen, Europäische Zusammenarbeit, 2. Phase (06/2012-02/2015)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Infas - KE-CONSULT Kurte & Esser GbR (Unternehmensberatung) <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DLR, Institut für Fahrzeugkonzepte - IST (Polen) - VTT Technical Research Centre of Finland <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - BAST 	<p>Untersuchung und Ermittlung der Marktdurchdringung von EV und deren volkswirtschaftlichen Auswirkungen</p>
<p>EMiS – Elektromobilität im Staufferland Modellregion Stuttgart, 2. Phase (09/2012- 06/2015)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Energieversorgung Filstal GmbH - ETG - GOA - Heldele GmbH (Elektro-Kommunikationstechnik) - Stadtwerke Schwäbisch Gmünd GmbH - Wohnungsbau Göppingen GmbH <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Universität Stuttgart, SI <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Göppingen - Stadt Schwäbisch Gmünd 	<p>Erprobung von Elektromobilität in mittelgroßen Städten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung des Beitrags der Elektromobilität zu städtischen Entwicklungs- und Klimaschutzziele - Handlungsleitfadens für Kommunen
<p>emma – e-mobil mit Anschluss/ Bodenseemobil – Vernetzte Mobilität – das dreifach vernetzte Automobil in der T-City Friedrichshafen Modellregion Stuttgart, 2. Phase (11/2012-04/2015)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bodensee-Oberschwaben Verkehrsverbund - DB Fuhrpark - HaCon (Software-Spezialist) - InnoZ - Stadtwerke am See - T-Systems <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DHBW Ravensburg, Campus Friedrichshafen, Ingenieurwissenschaften - TU Berlin, Fachgebiet Quality and Usability Lab (interdisziplinär) <p><u>Politik:</u></p>	<p>Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in der Bodensee-region:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung der Akzeptanz von EV als Teil des ÖPNV im ländlichen Raum - Integriertes Angebot für die Bewohner des Bodenseekreises - Einsatz von Elektrofahrzeugen im Carsharing und als Bürger-Mobil - Aufbau einer Ladeinfrastruktur und Integration ins Energienetz

	<ul style="list-style-type: none"> - Stadt Friedrichshafen 	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung eines komfortablen Routenplaners
e-mobil Saar Modellregion Saarland, 2. Phase (06/2011- 05/2014)	<u>Wirtschaft:</u> <ul style="list-style-type: none"> - DB FuhrparkService - saarVV - VGS <u>Wissenschaft:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Izes (An-Institut der HTW des Saarlandes) <u>Politik:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr Saarland 	Saarland und Großraum Saar-Lor-Lux als Modellregion für nachhaltige Mobilität: <ul style="list-style-type: none"> - Testregion für den Einsatz moderner Antriebstechnologien - Verknüpfung von Elektromobilität und ÖPNV - Einsatz von 20 EV - Aufbau von Ladeinfrastruktur
eMoVe Modellregion Rhein-Ruhr, 2. Phase (12/2012- 06/2016)	<u>Wirtschaft:</u> <ul style="list-style-type: none"> - AVV - EcoLibro (strategische & operative Mobilitätsberatung) - Probst & Consorten (Marketing-Beratung) - STAWAG <u>Wissenschaft:</u> <ul style="list-style-type: none"> - FH Aachen - RWTH Aachen, ISB <u>Politik:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Aachen 	Vorbereitung einer flächendeckenden Verbreitung von Elektromobilität durch instrumentale, konzeptionelle, strategische und funktionale Integration von Elektromobilität in kommunale Mobilität: <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung kommunaler Planungsprozesse und -konzepte - Verknüpfung von Elektromobilität mit ÖV und weiteren Mobilitätsangeboten - Sichtbarmachen von Elektromobilität
EVERSAFE – Everyday Safety for Electric Vehicles Modellregionen, Europäische Zusammenarbeit, 2. Phase (03/2012- 03/2014)	<u>Wirtschaft:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Volvo <u>Wissenschaft:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Fraunhofer IML - KTH Royal Institute of Technology - VTI - TU Chemnitz, Allgemeine und Arbeitspsychologie <u>Politik:</u> <ul style="list-style-type: none"> - BASt 	Erfassen von Sicherheitsanforderungen für EV unter Berücksichtigung neuer elektro-spezifischer Designs : <ul style="list-style-type: none"> - Betrachtung von Kundenanforderungen - Betrachtung von Anforderungen an die Infrastruktur - Standards für Leistungs- und Sicherheitseigenschaften
Hamburg – Wirtschaft am Strom Modellregion Hamburg 2. Phase (09/2012- 12/2015)	<u>Wirtschaft:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Europcar - Handelskammer Hamburg - HySOLUTIONS GmbH (Projektleitstelle Elektromobilität), - Mercedes-Benz Bank - RCI Bank - Renault - Nissan - Vattenfall - VW <u>Wissenschaft:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Hamburg School of Business 	Erprobung von bis zu 820 EV in Unternehmen und Kommunen (Stand 2/2015: 550 Fahrzeuge): <ul style="list-style-type: none"> - Vermittlung der Fahrzeuge und Beratung von Unternehmen, Behörden, Landesbetrieben und öffentlichen Unternehmen - Organisation von Erfahrungsaustausch - Evaluation

	<p>Administration gGmbH, Wirtschaftswissenschaften</p> <ul style="list-style-type: none"> - TU Hamburg-Harburg, Institut für Verkehrsplanung und Logistik <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Freie und Hansestadt Hamburg (Finanzbehörde) 	
<p>metropol-E Modellregion Rhein-Ruhr, 2. Phase (01/2012- 12/2013)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ewald Consulting GmbH - PTV - RWE Effizienz GmbH <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - TU Berlin, WIP - TU Dortmund, Lehrstuhl für Kommunikationsnetzwerke <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Dortmund 	<p>Nachhaltige Integration von innovativen Elektromobilitätsanwendungen in zukünftige Mobilitätskonzepte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zentrale kommunale Flottenverwaltung - Anschaffung von 11 EV - Ladepunkte versorgt durch Solar- und Windenergie - Berücksichtigung multimodaler Mobilitätsvarianten
<p>PRIMOVE Mannheim Modellregionen, Übergeordnetes Technologieprojekt, 2. Phase, Folgeprojekt von „PRIMOVE“ (10/2012-03/2015)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bombardier - Carrosserie HESS AG (OEM Busse) - RNV <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - KIT, FAST <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Mannheim 	<p>Linienverkehr mit Elektrobussen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Induktives Nachladen während des Fahrgastwechsels im Bereich regulärer Haltestellen - Einsatz im alltäglichen Fahrbetrieb auch über lange Strecken
<p>RUHRAUTOe Modellregion Rhein-Ruhr, 2. Phase (09/2012-02/2014)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Drive CarSharing GmbH - D+S Car Analysen UG - VRR - Vivawest Wohnen GmbH <p>+ 23 assoziierte Partner²</p> <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Universität Duisburg-Essen, CAR-Institut (Wirtschaftswissenschaften) <p><u>Politik:</u> (assoziierte Partner)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Essen - Stadt Bochum <p><u>Intermediär</u> (assoziiertes Partner):</p> <ul style="list-style-type: none"> - InnovationCity Ruhr / Modellstadt Bottrop (Wirtschaft und Politik) 	<p>Konzeption eines innovativen Mobilitätskonzepts mit EVals</p> <p>Schüsselement:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carsharing-Netz mit 45 Fahrzeugen an mehr als 27 Standorten mit unmittelbarer ÖPNV-Anbindung - Untersuchung eines ökonomisch tragfähigen neuen Mobilitätssystems - ÖPNV als Mobilitätsträger zum Aufbau eines multimodalen Mobilitätssystems

Quellen: DLR 2015; Drive-CarSharing 2015b; eLAB 2015; eMAP 2015; Eversafe 2015; Expo Fortschrittsmotor Klimaschutz 2015; hySOLUTIONS 2015; ISB 2015; KIT 2015b; Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr Saarland 2015; RheinEnergie 2015; Stadt Friedrichshafen 2015; Stadt Mannheim 2015; Stadt

² BOGESTRA (Verkehrsunternehmen), Deutsche Bank, DHJ, DSW21 (Infrastrukturunternehmen), emover24 (Elektromobilitätsversicherung), EVAG, EVO, Evonik (Spezialchemie), IHK Mittleres Ruhrgebiet, JeWo Batterietechnik, Karstadt, LUEG (Mercedes-Händler), Nissan, Opel, Park Inn by Radisson (Hotel), Renault, Smart, Sparkasse Bochum, Sparkasse Essen, Stadtwerke Bochum, ThyssenKrupp, vanEUPEN (Zulieferer), VESTISCHE Straßenbahnen (Verkehrsunternehmen)

Schwäbisch Gmünd 2015; Stadtwerke Düsseldorf 2015, 2014; NOW 2012; Stadt Dortmund 2012; BMVBS 2011b; STAWAG 2011

Tabelle G.2: Triple-Helix-Kooperationen in den Schaufenstern für Elektromobilität

Projekt	Partner	Gegenstand
<p>Stuttgart Services Schaufenster Baden-Württemberg (01/2013- 12/2015)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Baden-Württembergische Bank - Bosch - EnBW - eos new media - highQ Computerlösungen - Mentz Datenverarbeitung - MRK Management Consultants - Scheidt & Bachmann - SSB (Konsortialführerin) - Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart <p>Assoziierte Partner:</p> <ul style="list-style-type: none"> - car2go - DB Regio AG - DB Rent - Flughafen Stuttgart - nextbike - Parkraumgesellschaft Baden-Württemberg - S-Bahn Stuttgart - stadtmobil - Stuttgart Marketing GmbH <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fraunhofer IAO - Universität Ulm, Institut für Wirtschaftswissenschaften <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - City Initiative Stuttgart e.V. - Stadt Stuttgart - Verband Region Stuttgart 	<p>Entwicklung der Stuttgart Service Card und einer multi- und intermodalen Informations- und Buchungsplattform für einen einheitlichen Zugang zu elektromobilen und urbanen Angeboten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Förderung der Akzeptanz und Marktdurchdringung - Multimodales Angebot als Komplementärangebot zum ÖPNV - Vernetzung mit Partnern innerhalb und außerhalb des Schaufensters
<p>Urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr Schaufenster Baden-Württemberg (10/2012- 09/2015)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Deutsche Post DHL - DPD - UPS - Daimler (assoziiertes Partner) <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fraunhofer IAO <p><u>Politik (assoziierte Partner):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Karlsruhe - Stadt Ludwigsburg - Stadt Stuttgart 	<p>Untersuchung und Evaluation des Einsatzes elektrischer Transporter im innerstädtischen Lieferverkehr im praxisnahen Feldversuch:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyse der Bedingungen und Nutzung unter wirtschaftlichen Kriterien - Ableitung optimierter Einsatzstrategien - Technische Anforderungen an Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur - Ggf. Aufbau innerstädtischer

		Logistik-Hubs oder Paket-depots
Ladeinfrastruktur Stuttgart und Region (LIS) Schaufenster Baden-Württemberg (01/2013-07/2015)	<u>Wirtschaft:</u> - car2go - Daimler - EnBW <u>Wissenschaft:</u> - Fraunhofer IAO <u>Politik:</u> - Stadt Stuttgart	Erforschung eines wirtschaftlichen Betriebs von Ladeinfrastruktur für Carsharing mit EV (car2go): - Funktionalität und Technik - Wirtschaftliches Betreiben - Stadtentwicklung
Fellbach ZEROplus – Elektromobilität im privaten Alltag Schaufenster Baden-Württemberg (11/2012- 06/2016)	<u>Wirtschaft:</u> - bruckner architekten <u>Wissenschaft:</u> - Fraunhofer ISE <u>Politik:</u> - Stadt Fellbach	Entwicklung des Home-Energy-Management-Systems (HEMS) für die Optimierung der Energieflüsse in Häusern, Entwicklung und Aufbau von minimalinvasiven Schnellladestationen (22 kW) für EV: - Gestaltung eines ergonomischen und bedienerfreundlichen Benutzeroberfläche - zweijährige Erprobung der Systeme in realer Umgebung
Ludwigsburg Intermodal (LUI) – Mobility HUB am Bahnhof Ludwigsburg Schaufenster Baden-Württemberg (05/2013- 04/2016)	<u>Wirtschaft:</u> - SW LB assoziierte Partner: - Neue Arbeit (Pflegeunternehmen) - Media Cluster (Medienagentur) - DB Rent - DB Station & Service - LHI (Immobilienleasing-Spezialisten) <u>Wissenschaft:</u> - Universität Stuttgart, IAT & SI <u>Politik:</u> - Stadt Ludwigsburg	Entwicklung einer intermodalen, auch virtuellen Drehscheibe: - Integration von EV und Ladestrom aus erneuerbaren Energien - Sichtbarkeit für Elektromobilität schaffen - Förderung der Nutzung des Bahnhofs, von intermodalen Wegekettten und Elektromobilität
Online Schaufenster Elektromobilität Mitreden – Mitmachen – Mitgestalten Schaufenster Baden-Württemberg (04/2013- 03/2016)	<u>Wirtschaft:</u> - YellowMap (Such- und Kartenlösungen) <u>Wissenschaft:</u> - Fraunhofer IAO <u>Politik:</u> - e-mobil BW (Innovationsagentur des Landes Baden-Württemberg)	Schaffen einer digitalen Kommunikationsplattform für Information und Partizipation zum Thema Elektromobilität - Akzeptanz schaffen - Community aufbauen - Validierung des Neuen Bürgerbeteiligungs-Engineering - Vermarktung neuer Dienstleistungen und Produkte

<p>Schauwerkstatt Elektromobilität Schaufenster Baden-Württemberg (12/2012- 11/2015)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - IG Metall Bezirksleitung Baden-Württemberg - Verband des Kraftfahrzeuggewerbes Baden-Württemberg e.V. <p>assoziierte Partner:</p> <ul style="list-style-type: none"> - GreenIng (Entwicklungsdienstleistungen) - Handwerkskammer Region Stuttgart - TÜV Süd - Etz Stuttgart (Bildungszentrum) <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - TA für berufliche Bildung Schwäbisch Gmünd e.V. - TA Esslingen <p>Assoziierte Partner:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bildungsakademie Handwerkskammer Region Stuttgart - DLR, Institut für Fahrzeugkonzepte <p><u>Politik (assoziiertes Partner):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Stuttgart, Zentrum für Elektromobilität 	<p>Vorbereitung von Beschäftigten auf Veränderungen, Sensibilisierung der Öffentlichkeit und Qualifizierung von Fach- und Führungskräften für Elektromobilität:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konzeption und Einrichtung einer Schauwerkstatt mit Konzeptfahrzeug - Entwicklung zielgruppenspezifischer Anprachekonzepte - Erprobung berufsbegleitender Qualifizierungsansätze
<p>EBikePendeln - Fahrspaß mit Rückenwind/ Pedelec-Korridor: Elektrofahräder ersetzen Penderautos Schaufenster Berlin-Brandenburg (08/2013- 11/2015)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Spath + Nagel Büro für Städtebau und Stadtforschung (Bauingenieure) - team red (Beratung) <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Difu - Hochschule für Bildende Künste Braunschweig, ITD <p><u>Politik: (assoziiertes Partner)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ministerium für Wirtschaft und Europa-angelegenheiten Brandenburg - Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg - Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft Brandenburg - Gemeinde Stahnsdorf - Gemeinde Kleinmachnow - Stadt Teltow - Landkreis Potsdam-Mittelmark - Bezirksamt Steglitz-Zehlendorf 	<p>Erprobung des Ersatzes von Pkw-Pendelfahrten durch die Nutzung von Pedelecs:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Installation sicherer und zentraler Parkmöglichkeiten - Einrichtung einer Pedelec-tauglichen Fahrradverbindung - Erprobung von Pedelecs für den Arbeitsweg - Dokumentation von Nutzung und Akzeptanz - Wissenstransfer

<p>Rahmenbedingungen für breiten Roll-Out von Mobilitätskarten-Lösungen: Effiziente Einbindung der Elektromobilität ins Verkehrssystem durch intermodale Informations-, Abrechnungs- und Vertriebssysteme Schaufenster Berlin-Brandenburg (01/2013- 12/2015)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - KCW GmbH (Beratung ÖPNV) <p>Assoziierte Partner:</p> <ul style="list-style-type: none"> - BVG <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Technische Universität Berlin, WIP <p><u>Politik:</u> (assoziierte Partner)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin - Verbraucherzentrale Bundesverband e. V. 	<p>Erarbeitung wesentlicher institutioneller und organisatorischer Grundlagen für die Einführung und das nachhaltige Angebot einer überregionalen Mobilitätskarte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Systematischer Ansatz zur Verknüpfung bestehender Mobilitätsangebote - Informations- und Abrechnungsmodelle für eine Mobilitätskarte - wesentlicher institutioneller und organisatorischer Grundlagen einer Mobilitätskarte
<p>E-Plan München - Planung von Elektromobilität im Großraum München Schaufenster Bayern-Sachsen (03/2013- 02/2016)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Audi - BMW - DriveNow - GE - IsarFunk (Taxizentrale) - Klinikum München <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - FFE - Universität der Bundeswehr München (Elektro- und Informationstechnik) <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt München 	<p>Erforschung der Auswirkungen der Elektromobilität auf die künftige Stadtentwicklung, Infrastruktur und Verkehrsplanung aus Sicht einer Stadt zu Erstellung eines innovativen Planungsinstruments, dem sog. „Masterplan Elektroinfrastruktur LHM“:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ladeinfrastrukturkonzept und -technologien - EV im täglichen, privaten Nutzungsbereich - E-Car Sharing System - EV im Taxibetrieb
<p>eRadschnellwege - Umstiege erleichtern Schaufenster Niedersachsen (01/2012- 10/2015)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - EAM - E.ON-Mitte AG <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Universität Göttingen, SMRG <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stadt Göttingen (Konsortialführung) - Landkreis Göttingen 	<p>Untersuchung des Zusammenwirkens von Infrastrukturmaßnahmen und Nutzerverhalten am Beispiel eines für Elektrozweiräder optimierten Radschnellwegs</p>
<p>e-Mobilität vorleben - Regionales eMobilitätskonzept im Übergang vom ländlichen zum städtischen Raum Schaufenster Niedersachsen (06/2013- 03/2016)</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - EAM <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ländliche Erwachsenenbildung in Niedersachsen e. V. - Universität Göttingen, SMRG <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Landkreis Göttingen (Konsortialführung) 	<p>Bekanntmachen nachhaltiger, elektromobiler Konzepte vor allem im ländlichen Raum und Steigerung von deren Akzeptanz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aufbau von eCarsharing und Pedelec Verleih - Erarbeiten von Geschäftsmodellen - Betrag zur Verbreitung von Elektromobilität zwischen Stadt und Land

<p>eRad in Freizeit und Tourismus Schaufenster Niedersachsen 05/2013- 04/2016</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - VCD Landesverband Niedersachsen - Naturschutzverband Niedersachsen - INSIDE M2M GmbH (IKT) - KEYMILE GmbH (Telekommunikation) <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Hochschule Hannover, Regulierungstechnik und Mechatronik - Medizinische Hochschule Hannover, Institut für Sportmedizin <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Landeshauptstadt Hannover (Konsortialführung) - Landkreis Goslar 	<p>Aufbau und Erprobung eines Verleihsystems für elektrisch betriebene Zweiräder für urbane Räume als auch für ländliche Gebiete und für den Tourismus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Touristischer Einsatz von Pedelecs in einer Mittelgebirgsregion - Förderung von smartem und ökologisch unbedenklichem Tourismus - Betrieb eines Pedelec-Verleihsystems
<p>ZieLE – Zielgruppenorientierte Lehr- und Lerninfrastruktur für die Elektromobilität Schaufenster Niedersachsen 05/2013- 01/2016</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Handwerkskammer Braunschweig-Lüneburg-Stade - Handwerkskammer Hannover - Handwerkskammer Hildesheim Südniedersachsen - Volkswagen Akademie (assoziiert) <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Berufsbildende Schule 2, Wolfsburg - Berufsbildende Schule 6 der Region Hannover - Berufsbildende Schulen Burgdorf - Heinrich-Büssing-Schule Braunschweig - Leibniz Universität Hannover, HPI (Konsortialführer) <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Niedersächsisches Kultusministerium 	<p>Entwicklung branchenübergreifende und der gesamten Wertschöpfungskette entsprechende Aus- und Weiterbildungsangebote zur Elektromobilität:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anpassung der Lehr- und Lerninfrastruktur an veränderte Geschäfts- und Arbeitsabläufe durch eine überregionale Verbreitung und eine interdisziplinäre Zusammenarbeit - Beitrag zur Erweiterung der Handlungskompetenz im Themenfeld Elektromobilität im Elektro- und Kfz-Handwerk und im kaufmännischen Bereich
<p>Elektroflotten in der Erprobung - Sichtbarkeit und Erfolgsmodelle Schaufenster Niedersachsen 01/2013- 02/2016</p>	<p><u>Wirtschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Paritätischen Wohlfahrtsverbands Niedersachsen e. V. <p><u>Wissenschaft:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DLR, Institut für Verkehrssystemtechnik - TU Braunschweig, AIP – Lehrstuhl für Dienstleistungsmanagement <p><u>Politik:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport 	<p>Integration von Pedelecs und EV in bestehende betriebliche Flotten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erprobung der Fahrzeuge im Flotteneinsatz in verschiedenen realen Anwendungsfeldern (Polizei und soziale Dienstleistungen) - Schaffen von Sichtbarkeit - Ableitung von Handlungsempfehlungen zum wirtschaftlichen Betrieb und zur Erhöhung der Nutzerakzeptanz

Quelle: Bayern Innovativ 2015; Difu 2015; eMO 2015; e-mobil BW 2015; Metropolregion 2015; Deutsches Dialog Institut 2014

LEBENS LAUF

INGRID KLEINERT

BERUFLICHER WERDEGANG

- 06/2013 – 05/2016 **InnoZ Innovationszentrum für gesellschaftlichen Wandel und Mobilität GmbH**
Fachbereich Green Mobility/ Elektromobilität im ÖV
Expertin Nutzerzentrierte Lösungen
- 04/2012 – 03/2013 **Technische Universität Kaiserslautern, Lehrstuhl Prof. Dr. Hajo Weber,**
Fachgebiet Soziologie
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
- 04/2009 – 03/2012 **Technische Universität Kaiserslautern, Lehrstuhl Prof. Dr. Hajo Weber,**
Fachgebiet Soziologie
Stipendiatin und wissenschaftliche Hilfskraft

WISSENSCHAFTLICHER WERDEGANG

- 04/2009 – 11/2016 **Technische Universität Kaiserslautern, Lehrstuhl Prof. Dr. Hajo Weber,**
Fachgebiet Soziologie
Doktorandin
- 04/2009 – 03/2012 **Technische Universität Kaiserslautern**
Promotionsstudium Soziologie
- 10/2002 - 02/2009 **Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg**
Magister Artium - Soziologie, Psychologie, Pädagogik