

Band

21

FIR-Edition Forschung



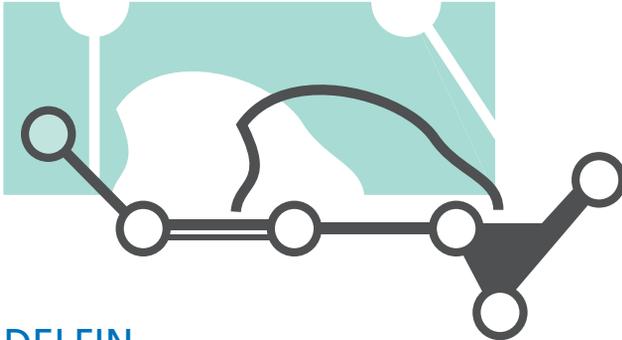
Kolz · Schwartz

DELFIN
Dienstleistungen für Elektromobilität:
Förderung von Innovation und
Nutzerorientierung

Hrsg.: Günther Schuh, Volker Stich

fir  an der
RWTH Aachen

Dominik Kolz
Marcel Schwartz



DELFIN

Dienstleistungen für Elektromobilität:
Förderung von Innovation und
Nutzerorientierung

Herausgegeben von
Günther Schuh, Volker Stich

Autoren:

Dominik Kolz (FIR e. V. an der RWTH Aachen)
Marcel Schwartz (FIR e. V. an der RWTH Aachen)
Felix Optehostert (FIR e. V. an der RWTH Aachen)

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh, Direktor des FIR e. V. an der RWTH Aachen
Prof. Dr.-Ing. Volker Stich, Geschäftsführer des FIR e. V. an der RWTH Aachen

© 2018, FIR e. V. an der RWTH Aachen

Campus-Boulevard 55

52074 Aachen

Telefon: +49 241 47705-0

Fax: +49 241 47705-199

E-Mail: info@fir.rwth-aachen.de

Internet: www.fir.rwth-aachen.de

Alle Rechte vorbehalten.

Gender-Erklärung:

Im vorliegenden Abschlussbericht haben wir uns entschieden, zur Vereinfachung und wegen der besseren Lesbarkeit eine generische Form, die des generischen Maskulinums, zu verwenden. Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass die Verwendung dieser Form geschlechterunabhängig gilt und verstanden werden soll.

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek:

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

DELFIN – Dienstleistungen für Elektromobilität: Förderung von Innovation und Nutzerorientierung

FIR-Edition Forschung, Band 21

ISBN: 978-3-943024-31-9

Korrektorat:

Simone Suchan M.A., FIR e. V. an der RWTH Aachen

Layout, Satz und Bildbearbeitung:

Birgit Kreitz, FIR e. V. an der RWTH Aachen

Druck und Bindung:

AWD Druck + Verlag GmbH

Bildnachweise:

Titelfoto: © zhu difeng – Fotolia; Grafiken: © FIR

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	IV
TABELLENVERZEICHNIS.....	VI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	VII
KURZFASSUNG.....	1
1 EINLEITUNG/MOTIVATION	3
1.1 Relevanz und Einordnung des Themenfeldes Elektromobilität.....	3
1.2 Aktuelle Situation, Ziele und Fördermaßnahmen zur Elektromobilität.....	5
1.3 Betrachtungsschwerpunkt Dienstleistungen	7
1.4 Methodische Grundlage, Zielsetzung und Gliederung der Arbeit	8
2 GRUNDLAGEN DER SZENARIOANALYSE	11
2.1 Terminologie und Einordnung	11
2.2 Historie der Szenarioanalyse	14
2.3 Methodische Vorgehensweise.....	15
2.3.1 Aufgabenanalyse.....	18
2.3.2 Einflussanalyse	19
2.3.3 Zukunftsprojektionen	22
2.3.4 Alternativenbündelung.....	22
2.3.5 Szenariointerpretation.....	25
2.3.6 Konsequenzanalyse	25
2.3.7 Störereignisanalyse.....	26
2.3.8 Szenariotransfer.....	27
2.4 Bewertung	27
3 STAND DER FORSCHUNG	31
3.1 Zum E-Auto gibt es keine Alternative	31
3.2 Begleitforschungsstudie Elektromobilität	36
3.3 Verbundprojekt LOGFOR	39
3.4 E-Mobility 2025	42
3.5 Der PKW-Markt bis 2040	47
3.6 eMobil 2050	51
3.7 Zusammenfassung der Schlüsselfaktoren	56

4	SZENARIOANALYSE ZUR ELEKTROMOBILITÄT.....	61
4.1	Phase 1: Identifikation von Einflussbereichen.....	64
4.1.1	Globale Einflussbereiche.....	64
4.1.2	Lokale Einflussbereiche	67
4.2	Phase 2: Identifikation von Einflussfaktoren.....	70
4.2.1	Globaler Einflussbereich ‚Politik‘	73
4.2.2	Globaler Einflussbereich ‚Ökonomie‘	78
4.2.3	Globaler Einflussbereich ‚Umwelt‘	82
4.2.4	Globaler Einflussbereich ‚Gesellschaft‘	86
4.2.5	Globaler Einflussbereich ‚Technologie‘	91
4.2.6	Lokaler Einflussbereich ‚Technischer Stand‘	94
4.2.7	Lokaler Einflussbereich ‚Nutzung‘.....	106
4.2.8	Lokaler Einflussbereich ‚Mehrwertdienstleistungen‘	114
4.2.9	Lokaler Einflussbereich ‚Automobilhersteller‘.....	122
4.2.10	Lokaler Einflussbereich ‚Energiewirtschaft‘	125
4.2.11	Lokaler Einflussbereich ‚Marktcharakteristik‘	131
4.3	Phase 3: Selektion von Schlüsselfaktoren.....	136
4.3.1	Methodische Ausgestaltung.....	136
4.3.2	Auswertung der Expertenbefragung – globales Umfeld.....	139
4.3.3	Auswertung der Expertenbefragung – lokales Umfeld	146
4.3.4	Festlegung von Schlüsselfaktoren	153
4.3.5	Vernetzung der Schlüsselfaktoren	155
4.4	Phase 4: Entwicklung von Zukunftsprojektionen.....	159
4.4.1	Schlüsselfaktor ‚Batteriepreise‘	159
4.4.2	Schlüsselfaktor ‚Reichweite‘	161
4.4.3	Schlüsselfaktor ‚Nutzerakzeptanz‘	163
4.4.4	Schlüsselfaktor ‚Kosten‘	165
4.4.5	Schlüsselfaktor ‚Ladezeit‘.....	168
4.4.6	Schlüsselfaktor ‚Staatliche Förderung‘	171
4.4.7	Schlüsselfaktor ‚Batterietechnologie‘	173
4.4.8	Schlüsselfaktor ‚Energie- und Klimapolitik‘.....	175
4.4.9	Schlüsselfaktor ‚Ladekonzepte‘	177
4.4.10	Schlüsselfaktor ‚Standardisierung‘	180
4.4.11	Schlüsselfaktor ‚Ladeinfrastruktur‘.....	182
4.4.12	Schlüsselfaktor ‚Alltagstauglichkeit‘	185
4.4.13	Schlüsselfaktor ‚Ölpreis‘	187
4.4.14	Schlüsselfaktor ‚Neue Servicekonzepte‘.....	189
4.4.15	Schlüsselfaktor ‚Sicherheit‘	191
4.4.16	Schlüsselfaktor ‚Strompreis‘.....	193

4.5	Phase 5: Alternativenbündelung	196
4.5.1	Methodische Ausgestaltung.....	196
4.5.2	Ergebnisse der Alternativenbündelung	201
4.6	Phase 6: Szenariointerpretation.....	204
4.6.1	Szenario 6: Durchbruch ohne Dienstleistungen.....	204
4.6.2	Szenario 15: Dienstleistungen ermöglichen Durchbruch	207
4.7	Phase 7: Konsequenzanalyse	211
4.7.1	Automobilhersteller	211
4.7.2	Energieversorgungsunternehmen	218
4.7.3	Dienstleistungsunternehmen.....	223
4.7.4	Staatliche Institutionen.....	227
5	ZUSAMMENFASSUNG UND KRITISCHE WÜRDIGUNG	233
5.1	Zusammenfassung	233
5.2	Leitfaden zur Anwendung der Ergebnisse.....	241
5.3	Vergleich mit bisherigen Szenarioanalysen.....	243
5.4	Kritische Würdigung der Ergebnisse	244
	ANHANG	247
A.	Anteil V2G-fähiger Fahrzeuge für die Szenarien der Begleitforschungsstudie Elektromobilität	247
B.	Teilnehmerliste der Expertenbefragung.....	250
C.	Vorgeschlagene Einflussbereiche verschiedener Autoren	251
D.	Berechnungen zur Zukunftsprojektion des Schlüsselfaktors ‚Ladezeit‘.....	252
E.	Cross-Impact-Matrix zu der Alternativenbündelung.....	253
F.	Konsistente Szenarien der Elektromobilität.....	254
6	LITERATURVERZEICHNIS.....	257

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.3-1:	Darstellung des Szenario-Trichters.....	15
Abbildung 2.3-2:	Vorgehensweise der Szenarioanalyse	17
Abbildung 2.3-3:	System-Grid mit beispielhaften Werten.....	21
Abbildung 2.3-4:	Schematische Darstellung einer Konsistenzmatrix.....	23
Abbildung 2.3-5:	Tableau zur Konsequenzanalyse	26
Abbildung 3.1-1:	Elektrische Antriebe im Jahr 2020	34
Abbildung 3.4-1:	Zukunftstrichter TCO-Lücke der Szenarien	43
Abbildung 3.6-1:	Szenario 1 – PKW-Neuzulassungen	53
Abbildung 3.6-2:	Szenario 2 – PKW-Neuzulassungen.....	54
Abbildung 4-1	Globales und lokales Umfeld eines Unternehmens	62
Abbildung 4-2	Schematische Darstellung der Ebenen eines Unternehmensumfelds.....	63
Abbildung 4.1-1:	Einflussbereiche des globalen Umfelds.....	65
Abbildung 4.1-2:	Einflussbereiche des lokalen Umfelds	67
Abbildung 4.2-1:	Wirkmechanismen Reichweite.....	96
Abbildung 4.2-2:	Wirkmechanismen Ladezeit.....	101
Abbildung 4.2-3:	Leichtbauspirale bei Elektrofahrzeugen.....	103
Abbildung 4.2-4:	Wirkmechanismen der Kosten	109
Abbildung 4.2-5:	Wegekette im Rahmen multimodaler Konzepte.....	118
Abbildung 4.2-6:	Ergebnisse einer Umfrage zum Thema Elektromobilität.....	128
Abbildung 4.3-1:	Exemplarische Frage im Rahmen des Fragebogens	136
Abbildung 4.3-2:	Relevanz der Einflussfaktoren – Politik	140
Abbildung 4.3-3:	Relevanz der Einflussfaktoren – Ökonomie	141
Abbildung 4.3-4:	Relevanz der Einflussfaktoren – Umwelt	142
Abbildung 4.3-5:	Relevanz der Einflussfaktoren – Gesellschaft	143
Abbildung 4.3-6:	Relevanz der Einflussfaktoren – Technologie	144
Abbildung 4.3-7:	Relevanz der globalen Einflussbereiche	145
Abbildung 4.3-8:	Relevanz der Einflussfaktoren – Technischer Stand.....	146
Abbildung 4.3-9:	Relevanz der Einflussfaktoren – Nutzung	147
Abbildung 4.3-10:	Relevanz der Einflussfaktoren – Mehrwertdienstleistungen.....	148
Abbildung 4.3-11:	Relevanz der Einflussfaktoren – Automobilhersteller	149
Abbildung 4.3-12:	Relevanz der Einflussfaktoren – Energiewirtschaft	150
Abbildung 4.3-13:	Relevanz der Einflussfaktoren – Marktcharakteristik	151
Abbildung 4.3-14:	Relevanz der lokalen Einflussbereiche.....	152
Abbildung 4.3-15:	System-Grid.....	157
Abbildung 4.4-1:	Zukunftsprojektion ‚Batteriepreise‘	159
Abbildung 4.4-2:	Zukunftsprojektion ‚Reichweite‘	161
Abbildung 4.4-3:	Zukunftsprojektion ‚Nutzerakzeptanz‘	163

Abbildung 4.4-4:	Zukunftsprojektion ‚Kosten‘	165
Abbildung 4.4-5:	Zukunftsprojektion ‚Ladezeit‘	168
Abbildung 4.4-6:	Zukunftsprojektion ‚Staatliche Förderung‘	171
Abbildung 4.4-7:	Zukunftsprojektion ‚Batterietechnologie‘	173
Abbildung 4.4-8:	Zukunftsprojektion ‚Energie- und Klimapolitik‘	175
Abbildung 4.4-9:	Zukunftsprojektion ‚Ladekonzepte‘	177
Abbildung 4.4-10:	Zukunftsprojektion ‚Standardisierung‘	180
Abbildung 4.4-11:	Zukunftsprojektion ‚Ladeinfrastruktur‘	182
Abbildung 4.4-12:	Zukunftsprojektion ‚Alltagstauglichkeit‘	185
Abbildung 4.4-13:	Zukunftsprojektion ‚Ölpreis‘	187
Abbildung 4.4-14:	Zukunftsprojektion ‚Neue Servicekonzepte‘	189
Abbildung 4.4-15:	Zukunftsprojektion ‚Sicherheit‘	191
Abbildung 4.4-16:	Zukunftsprojektion ‚Strompreis‘	193
Abbildung 4.5-1:	Cross-Impact-Matrix zum konsistenten Szenario X.....	198
Abbildung 4.5-2:	Cross-Impact-Matrix zum inkonsistenten Szenario Y.....	199
Abbildung 4.7-1:	Praxisbeispiel im Bereich Kooperationen.....	215
Abbildung 4.7-2:	Praxisbeispiel im Bereich Digitalisierung	216
Abbildung 4.7-3:	Praxisbeispiel im Bereich Smart Grid.....	222
Abbildung 4.7-4:	Praxisbeispiel im Bereich Wachstum von Plattformen	226
Abbildung 4.7-5:	Praxisbeispiel zu Branchendialogen.....	228
Abbildung 5.1-1:	Verfahren der Szenarioanalyse.....	234
Abbildung 5.1-2:	Einflussgrößen des globalen Umfelds	235
Abbildung 5.1-3:	Einflussgrößen des lokalen Umfelds.....	236
Abbildung 5.1-4:	Schlüsselfaktoren der Elektromobilität	237
Abbildung 5.1-5:	Ausgewählte Extremszenarien.....	238
Abbildung 5.1-6:	Handlungsmaßnahmen für Akteure der Elektromobilität.....	240
Abbildung 5.2-1:	Entwicklung von Handlungsmaßnahmen mithilfe der Szenarioanalyse.....	243
Abbildung A-1:	Anteil V2G-fähiger Elektrofahrzeuge in Szenario 1 mit einer Tagesfahrleistung von unter 100 km.....	247
Abbildung A-2:	Anteil V2G-fähiger Elektrofahrzeuge in Szenario 2 mit einer Tagesfahrleistung von unter 150 km	248
Abbildung A-3:	Anteil V2G-fähiger Elektrofahrzeuge in Szenario 3 mit einer Tagesfahrleistung von unter 250 km.....	249
Abbildung B-1:	Teilnehmerliste der Expertenbefragung	250
Abbildung C-1:	Autoren zur Identifikation globaler Einflussbereiche	251
Abbildung D-1:	Minimale Ladezeit bis zum Erreichen eines Ladeniveaus von 80 Prozent... ..	252
Abbildung E-1:	Ausgefüllte Cross-Impact-Matrix zur Alternativenbündelung bzw. Konsistenzanalyse.....	253
Abbildung F-1:	Konsistente Szenarien der Elektromobilität	254

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2.3-1	Vernetzungsmatrix von Einflussfaktoren.....	20
Tabelle 2.3-2	Tableau zur Cross-Impact-Analyse	24
Tabelle 3.1-1	Zusammenfassung – Zum E-Auto gibt es keine Alternative.....	35
Tabelle 3.2-1	Zusammenfassung – Begleitforschungsstudie Elektromobilität.....	38
Tabelle 3.3-1	Zusammenfassung – Szenario 2020 LOGFOR.....	41
Tabelle 3.4-1	Zusammenfassung – E-Mobility 2025	46
Tabelle 3.5-1	Unterschiede der Szenarien aus „Der PKW-Markt bis 2040“	47
Tabelle 3.5-2	Zusammenfassung – PKW-Markt bis 2040	50
Tabelle 3.6-1	Zusammenfassung – eMobil 2050	55
Tabelle 3.7-1	Bündelung der Schlüsselfaktoren zu übergreifenden Faktoren.....	58
Tabelle 3.7-2	Übersicht der Schlüsselfaktoren bisheriger Szenarioanalysen.....	56
Tabelle 3.7-3	Komprimierte Übersicht der Schlüsselfaktoren	59
Tabelle 4.2-1	Übersicht der Einflussbereiche und -faktoren des globalen Umfelds der Elektromobilität	71
Tabelle 4.2-2	Darstellung von globalen und lokalen Einflussfaktoren mit großen Ähnlichkeiten.....	72
Tabelle 4.2-3	Übersicht der Einflussbereiche und -faktoren des lokalen Umfelds der Elektromobilität	72
Tabelle 4.2-4	Emissionen verschiedener Technologien	129
Tabelle 4.3-1	Übersicht der 16 höchstbewerteten Einflussfaktoren.....	153
Tabelle 4.3-2	Vernetzungsmatrix der Schlüsselfaktoren.....	156
Tabelle 4.5-1	Entwicklung der Schlüsselfaktoren in Szenario 6 und 15.....	202

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

App	(kurz v. engl. <i>applification</i>) Software-Anwendungen
BAU	Business as usual
BEV	Batterieelektrisches Fahrzeug
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CAS	Computeralgebrasystem
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
EEV	Endenergieverbrauch
EEX	European Energy-Exchange
FIR	Forschungsinstitut für Rationalisierung
G2V	Grid-to-Vehicle
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NPE	Nationale Plattform für Elektromobilität
Pedelec	Pedal-Electric-Cycle
PHEV	Plug-in-Hybrid-Fahrzeug
REEV	Elektrofahrzeug mit Reichweitenverlängerer
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
SEN	Self-Enforcing-Network
TCO	Total Cost of Ownership
V2G	Vehicle To Grid



KURZFASSUNG

Die Elektromobilität bildet die Grundlage eines fundamentalen Wandels der individuellen Mobilität, welcher weit über das Elektrofahrzeug hinausreicht und das Mobilitätsverhalten der Gesellschaft grundlegend verändern wird. Das öffentliche Interesse und die intensiven Forschungsaktivitäten zeugen von der hohen Relevanz dieses Strukturwandels für die Zukunft. Um das Ziel der Bundesregierung zu erreichen, sich bis 2020 zum Leitmarkt für Elektromobilität zu entwickeln, ist es jedoch notwendig, die anhaltende Marktschwäche Deutschlands durch eine Steigerung der Nutzerakzeptanz und Alltagstauglichkeit der Elektromobilität zu überwinden.

Insbesondere Dienstleistungen determinieren den Erfolg der Elektromobilität, indem sie eine Brückenfunktion zwischen Technologie und Markt übernehmen und so den Schritt von der Antriebs- zur Mobilitätswende ermöglichen. Dienstleistungen können sowohl die Begeisterung für Elektromobilität als auch die Alltagstauglichkeit des Mobilitätskonzepts steigern und somit die technologischen Schwächen gegenüber konventionellen Antriebsformen ausgleichen. Da ein Großteil der wissenschaftlichen Arbeiten zur Entwicklung der Elektromobilität vordergründig technologische Aspekte, wie beispielsweise die Fahrzeugreichweite, berücksichtigt, ist eine ganzheitliche Betrachtung aller Faktoren des Themenfeldes notwendig, um Dienstleistungen in ein umfassendes Verständnis der Elektromobilität zu integrieren.

Dieser Abschlussbericht entstand im Rahmen des Arbeitspakets „Marktstrukturen und Zukunftsszenarien“ des FIR an der RWTH Aachen im Projekt DELFIN. Ziel der Forschungsarbeiten ist die Durchführung einer Szenarioanalyse zur Elektromobilität, welche insbesondere auch Faktoren mit Bezug zu Dienstleistungen in eine ganzheitliche Betrachtung des Mobilitätskonzepts einbezieht, aus welchem schließlich Zukunftsszenarien für die Entwicklung der Elektromobilität entwickelt werden. Zur Entwicklung der Zukunftsszenarien werden zunächst auf Basis von Expertenmeinungen Einflussbereiche (Phase 1) und Einflussfaktoren (Phase 2) zukünftiger technologischer, dienstleistungsspezifischer und gesellschaftlicher Entwicklungen identifiziert. Die Selektion von Schlüsselfaktoren (Phase 3) und zugehörigen Zukunftsprojektionen (Phase 4) bildet anschließend mithilfe von Modellrechnungen (Phase 5) den Ausgangspunkt für die Entwicklung von konsistenten Zukunftsszenarien. Abschließend werden diese Szenarien interpretiert (Phase 6) und Handlungsempfehlungen für die Akteure der Elektromobilität formuliert (Phase 7).

Für die Unterstützung und die erfolgreiche Bearbeitung des Forschungs- und Veröffentlichungsvorhabens möchten wir allen Partnern herzlich danken. Zunächst richtet sich unser Dank an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung und an den Projektträger PTKA für die Betreuung dieses Projekts. Des Weiteren geht der Dank an die Konsortialpartner Fraunhofer IAO und KSRI am KIT, ohne deren außerordentlich hohen Einsatz während der Projektlaufzeit das Projekt nicht mit einem so großen Erfolg abgeschlossen worden wäre. Die Zusammenarbeit ist für alle Beteiligten außerordentlich erfolgreich gewesen.



1 EINLEITUNG/MOTIVATION

1.1 Relevanz und Einordnung des Themenfeldes Elektromobilität

„Das Auto neu denken“, so lautet der Grundsatz des Regierungsprogramms zur Elektromobilität. Dieser verdeutlicht die Tragweite eines Mobilitätskonzepts, welches die Art und Weise der zukünftigen Fortbewegung maßgeblich prägen wird. Die Elektromobilität bildet die Grundlage einer umfassenden Transformation der Automobilindustrie in Richtung einer umweltfreundlicheren, ressourcenschonenderen und effizienteren Technologie. Sie stellt vor allem etablierte Anbieter im Bereich der Verbrennungsmotoren vor erhebliche Herausforderungen, bietet jedoch auch die Chance, sich innerhalb des Marktes neu zu positionieren. 140 Jahre, nachdem Carl Benz die Serienproduktion des Automobils mit Verbrennungsmotor anstieß, kommt es nun zu einem Paradigmenwechsel, welcher von der Automobilindustrie, dem Staat und der Gesellschaft gleichermaßen geprägt wird. (vgl. KAMPKER ET AL. 2013, S. 1)

Der Wandel zur Elektromobilität lässt sich nur im Kontext der sogenannten Mobilitätswende verstehen, welche wiederum einen wesentlichen Bestandteil der Energiewende bildet. Die Mobilitätswende geht über die sogenannte Antriebswende oder Dekarbonisierung des Verkehrs hinaus und erfasst als gesellschaftlicher Strukturwandel das gesamte Verkehrssystem. (vgl. HOCHFELD ET AL. 2017, S. 3) Angesichts der in Deutschland gegenläufigen Entwicklungen des Energieverbrauchs durch den Verkehrssektor und des Gesamttrends ist die Mobilitätswende eine unbedingte Voraussetzung für die Erreichung der Pariser Klimaschutzziele (s. HOCHFELD ET AL. 2017, S. 3). Denn während der gesamte Energieverbrauch Deutschlands im Zeitraum von 1990 bis 2015 durch Einsparungen in Industrie, Gewerbe und privaten Haushalten um rund sechs Prozent gesunken ist, ist der Verbrauch des Verkehrssektors um zehn Prozent gestiegen (s. HOCHFELD ET AL. 2017, S. 12). Um den Industriestandort Deutschland zu sichern und um die Mobilitätswende als Teil der Energiewende zugunsten der Umwelt und der Gesellschaft voranzutreiben, ist entschiedenes und zielorientiertes Handeln dringend erforderlich.

Die Anzahl der im Jahr 1912 in den USA produzierten Elektroautos entspricht in gewisser Hinsicht dem gesamten Bestand von Elektrofahrzeugen in Deutschland Anfang 2017 (vgl. KAMPKER ET AL. 2013, S. 7; vgl. KRAFTFAHRT-BUNDESAMT 2017). Dieser Vergleich zeigt, dass bei der Festlegung von Handlungsmaßnahmen auch die historische Entwicklung der Elektromobilität berücksichtigt werden sollte. Der Elektromotor erreichte bereits in den 1830er Jahren Praxistauglichkeit, rund 40 Jahre vor der Patentierung des Ottomotors im Jahr 1876. Die Erfindung des Bleiakкумуляtors im Jahr 1859 und die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips durch Siemens im Jahr 1866 bildeten später die Grundlage für das heutige Funktionsprinzip des Elektromotors. Anfang des 20. Jahrhunderts nutzten in den USA 40 Prozent der Kraftfahrzeuge den Dampfantrieb, 38 Prozent den Elektromotor und 22 Prozent den Verbrennungsmotor. Nach langjähriger

Koexistenz dieser Antriebskonzepte setzte sich nach dem Zeitraum von 1900 bis 1920, welcher als das Goldene Zeitalter des Elektroautos (engl. *The First Golden Age of Electro Mobile Advertising*) bezeichnet wird, der Verbrennungsmotor als Antriebstechnologie durch. Rasche Fortschritte in der Verbrennungsmotorentechnologie führten zu einer Optimierung der Zuverlässigkeit, Handhabbarkeit, Geschwindigkeitsdosierung und Reichweite. Auch der seit 1912 seriell verwendete elektrische Anlasser für Benzinfahrzeuge verkürzte den Komfortvorsprung des Elektroautos. Trotz des Einsatzes von Range-Extendern und der Einrichtung von Schnellladestationsketten führten die mangelnde Reichweite sowie eine höhere Anfälligkeit für technische Defekte zum Bedeutungsverlust des Elektroautos. (KAMPKER ET AL. 2013, S. 9 f.)

1.2 Aktuelle Situation, Ziele und Fördermaßnahmen zur Elektromobilität

Trotz technologischer Fortschritte blieb die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen bis zuletzt deutlich hinter den Erwartungen zurück. Der vom Kraftfahrt-Bundesamt veröffentlichte Fahrzeugbestand am 01.01.2017 umfasste 34.022 batteriebetriebene Fahrzeuge (BEV) und 165.405 Hybridfahrzeuge. Dies bedeutet eine Steigerung von 33,4 Prozent bzw. 26,8 Prozent im Vergleich zum Vorjahresstichtag. Dennoch ist der Anteil der Fahrzeuge mit alternativem Antrieb angesichts von insgesamt 62,6 Millionen zugelassenen Kraftfahrzeugen gering. (s. KRAFTFAHRT-BUNDESAMT 2017) In Deutschland waren Anfang des Jahres 2017 zwar bereits 33 elektrische Fahrzeugmodelle deutscher Hersteller und 25 ausländische Modelle verfügbar, jedoch entfiel im Jahr 2015 rund die Hälfte der Neuzulassungen auf den japanischen Hersteller Toyota. Der Anteil der deutschen Hersteller lag bei rund einem Viertel. (s. BMWI 2015b)

Auch der Elektromobilitätsindex der Unternehmensberatung MCKINSEY & COMPANY (Stand: März 2017) proklamiert eine Marktschwäche Deutschlands im Bereich der Elektromobilität. Zwar zählt Deutschland hier zu den drei führenden produzierenden Ländern, jedoch nicht zu den zehn führenden Ländern in der Kategorie Markt. Unter Berücksichtigung der Einwohnerzahl ist in diesem Bereich Norwegen führend. Absolut gesehen weist China den stärksten Markt auf und verzeichnete 2016 fast die Hälfte der weltweit 743.000 Neuzulassungen von Elektroautos. (s. MCKINSEY & COMPANY 2017)

Der anhaltenden Marktschwäche Deutschlands hat die Bundesregierung das Ziel entgegengesetzt, sich bis 2020 zum Leitmarkt für Elektromobilität zu entwickeln. Dieses Ziel wurde im Zuge der Gründung der *Nationalen Plattform Elektromobilität* am 3. Mai 2010 durch die Bundesregierung und die deutsche Industrie festgelegt. Vom Ziel der Zulassung von einer Million Elektrofahrzeuge bis 2020 und von sechs Millionen Fahrzeugen bis 2030 ist man jedoch noch weit entfernt. Matthias Wissmann, Präsident des VDA, hält bei mangelnden Verkaufserfolgen eine Anzahl von 600.000 Neuzulassungen für möglich (s. RUPPEL 2016). Fördermittel mit einem Gesamtvolumen von 2,2 Milliarden Euro bis 2017 und Investitionen der Industrie von ca. 14 Milliarden Euro sollen Deutschland zu einer Vorreiterrolle in den Bereichen Markt und Technologie verhelfen. (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2016; s. BMWI 2018) Ziel der Investitionen ist die Erreichung einer kritischen Masse, um die flächendeckende Verbreitung der Elektromobilität zu ermöglichen und den unausweichlichen Strukturwandel zu fördern (s. HOCHFELD ET AL. 2017, S. 20).

Die Investitionen der Bundesregierung verteilen sich auf eine Vielzahl verschiedener Initiativen, Leuchtturm- oder Forschungsprojekte. Seit Juli 2016 werden Käufer von Elektroautos beispielsweise mit dem sogenannten Umweltbonus, einer Kaufprämie von 3000 Euro für Plug-in-Hybride bzw. 4000 Euro für ausschließlich elektrisch betriebene Elektroautos, gefördert. Außerdem wurde im Jahr 2015 durch das Bundeskabinett das Elektromobilitätsgesetz (EmoG) zur Kennzeichnung und Privilegierung von Elektroautos im Straßenverkehr verabschiedet. Ferner werden bis Ende 2020 300 Millionen Euro in die Ladeinfrastruktur investiert, davon 200 Millionen in den Bau von 5000 Schnellladestationen und 100 Millionen Euro in den Bau von 10.000 konventionellen Ladestationen. (s. BMWi 2016) Die Unterschiedlichkeit dieser drei Initiativen zeugt vom Bemühen der Bundesregierung, die Elektromobilität durch vielfältige Maßnahmen ganzheitlich zu fördern. Die Bildung einer Leitstrategie, welche alle Einflussbereiche der Elektromobilität berücksichtigt, ist eine wichtige Voraussetzung für die Effektivität und Effizienz von rein finanziellen Maßnahmen. Dabei sind im Hinblick auf die Entwicklung des Marktes vor allem gesellschaftliche Rahmenbedingungen nicht zu vernachlässigen.

1.3 Betrachtungsschwerpunkt Dienstleistungen

Die gesellschaftliche Akzeptanz und Nutzerfreundlichkeit der Elektromobilität sind von großer Bedeutung für den langfristigen Erfolg derselben. Die Potenziale der Elektromobilität im Bereich des Carsharings oder ähnlicher Konzepte können nur ausgeschöpft werden, wenn Nutzer bereit sind, ihr Alltagsleben an dieses neue Mobilitätskonzept anzupassen und ihre Einstellung zur Mobilität – entsprechend dem Grundsatz „Nutzen statt besitzen“ – grundlegend zu verändern. Daher müssen die Bedürfnisse der Nutzer in Bezug auf Alltagstauglichkeit und Bezahlbarkeit neben Initiativen mit Technologiefokus in die Forschung einbezogen werden. Diese Faktoren werden maßgeblich durch Dienstleistungsinnovationen und damit verbundene Geschäftsmodelle bestimmt.

Dienstleistungen haben das Potenzial, durch die Steigerung der Kundennähe eine „Brückenfunktion“ für die neue Technologie zu erfüllen. Gemäß dem AIDA-Prinzip (*Attention, Interest, Desire and Action*) können sie den Bekanntheitsgrad, das Interesse und die Begeisterung in Bezug auf Elektromobilität fördern und somit eine gesteigerte Marktdurchdringung bzw. den Markthochlauf ermöglichen (s. ANSORGE U. KOLZ 2013, S. 18). Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, wie z. B. innovative Nutzungsmodelle, technologiebegleitende Services und Infrastrukturdienstleistungen, erlauben eine umfassende Gestaltung des Mobilitätskonzepts Elektromobilität und beeinflussen den gesamten Lebenszyklus eines Elektroautos. Erst durch Dienstleistungen ist somit der Schritt von der Antriebs- zur Mobilitätswende möglich. Überdies ist erst durch Dienstleistungen die Mobilitätswende durchsetzbar, da der gesellschaftliche Nutzen derselben einen unabdingbaren Treiber des Wandels darstellt (s. HOCHFELD ET AL. 2017, S. 91 ff.).

Dem Projekt DELFIN – „Dienstleistungen für Elektromobilität: Förderung von Innovation und Nutzerorientierung“ – liegt das Ziel zugrunde, Strategien und Konzepte für Dienstleistungen im Wertschöpfungssystem der Elektromobilität zu entwickeln und dabei besonders markt- und nutzerorientierte Perspektiven zu berücksichtigen. Das seit 2013 laufende Kooperationsprojekt des *Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)*, des *Forschungsinstituts für Rationalisierung (FIR) e. V. an der RWTH Aachen* und des *Karlsruhe Service Research Institutes (KSRI) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)* ist ein Begleitprojekt der Initiative ‚Dienstleistungsinnovationen für Elektromobilität‘ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Das Projekt orientiert sich an den Zielen der *Nationalen Plattform für Elektromobilität (NPE)* und der ‚Hightech-Strategie 2020‘.

Das Arbeitspaket 2.2 des Projekts beinhaltet die „Entwicklung von Zukunftsszenarien 2020+“. Dabei werden aufgrund von Expertenmeinungen Einflussbereiche und Einflussfaktoren zukünftiger technologischer, dienstleistungsspezifischer und gesellschaftlicher Entwicklungen identifiziert. Die Findung von Schlüsselfaktoren und zugehörigen Indikatoren bzw. Zukunftsprojektionen bildet anschließend den Ausgangspunkt für die Entwicklung von konsistenten Szenarien mithilfe von Modellrechnungen.

1.4 Methodische Grundlage, Zielsetzung und Gliederung der Arbeit

Trotz der staatlichen und industriellen Anstrengungen zur Förderung von Elektromobilität ist die zukünftige Entwicklung angesichts der aktuell geringen Anzahl von Elektrofahrzeugen in Verbindung mit dem erwarteten exponentiellen Wachstum des Marktes äußerst ungewiss (vgl. KRAFTFAHRT-BUNDESAMT 2017). Die stetige Anwendung neuer Handlungsmaßnahmen lässt eine Projektion vergangener Entwicklungen auf die Zukunft der Elektromobilität als wenig sinnvoll erscheinen. Es bedarf einer umfassenden und systematischen Betrachtung der Einflussfaktoren, welche zukünftige Entwicklungen bestimmen, sodass eine langfristige Planungssicherheit ermöglicht und die Wirksamkeit von Maßnahmen gewährleistet wird. Die Szenarioanalyse ist eine Prognosemethode, welche ebendiese Voraussetzungen erfüllt. Sie erlaubt die vernetzte Betrachtung eines Systems und bietet ein bewährtes Analyseverfahren zur Findung von konsistenten Szenarien der Elektromobilität. Die besondere Stärke der Szenarioanalyse liegt darin, dass nicht die schlichte Projektion vergangener Entwicklungen auf die Zukunft, sondern die an der Gegenwart orientierten und auf die Zukunft gerichteten Expertenmeinungen die empirische Grundlage der Zukunftsbetrachtung bilden.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung zweier Extremszenarien, welche die Ableitung von Handlungsmaßnahmen erlauben und auch bei einer Abweichung vom Trend die Handlungsfähigkeit des Anwenders aufrechterhalten. Die Szenarien zeichnen sich durch Konsistenz, Vernetzung, Komplexität und vielseitige Anwendbarkeit aus. Anwendungspotenzial liegt beispielweise in der Systematisierung der Zustände und Einflüsse des Unternehmens, der Vernetzung der Akteure, der Zielbildung und der Strategiebildung. Eine weiterführende Erläuterung der Qualitäten und Funktionen der Szenarioanalyse findet in Kapitel 2.4 statt.

Die Gliederung der Arbeit gestaltet sich wie folgt: Das zweite Kapitel „Grundlagen der Szenarioanalyse“ vermittelt terminologische sowie methodische Grundlagen zur Szenarioanalyse und stellt die prinzipielle Vorgehensweise des Verfahrens nach REIBNITZ dar. Außerdem erfolgt eine Abgrenzung von alternativen Prognosemethoden und eine Bewertung der Szenarioanalyse. Der methodische Hintergrund bildet die Grundlage für das Verständnis des dritten Kapitels „Stand der Forschung“, welches die Ergebnisse ähnlich ausgerichteter Forschungsarbeiten erläutert. Zudem werden jeweils der Zeithorizont, der Betrachtungsschwerpunkt und die verwendeten Schlüsselfaktoren beschrieben. So wird aufgezeigt, dass Dienstleistungen im Bereich der Elektromobilität von bisherigen wissenschaftlichen Szenarioanalysen nicht ausreichend untersucht worden sind.

Das vierte Kapitel „Szenarioanalyse zur Elektromobilität“ beinhaltet die Umsetzung und die Auswertung von Ergebnissen der Szenarioanalyse. Diese gliedert sich in sieben Phasen, welche nacheinander im Hinblick auf die Ausgestaltung der im zweiten Kapitel beschriebenen jeweiligen Methodik und ihrer Ergebnisse erläutert werden. Die ersten drei Phasen umfassen

die Umsetzung einer Einflussanalyse. Diese beinhaltet die Identifikation von jeweils globalen und lokalen Einflussbereichen und Einflussfaktoren der Elektromobilität sowie die Auswahl besonders relevanter Schlüsselfaktoren aus den Einflussfaktoren. Nachfolgend werden im Zuge von Phase 4 Zukunftsprojektionen der Schlüsselfaktoren entwickelt. Dabei werden zu jedem Faktor der Ist-Zustand, eine pessimistische Projektion, eine Trendprojektion und eine optimistische Projektion formuliert, um aktuelle und zukünftig mögliche Marktstrukturen zu konkretisieren. In Phase 5 folgt die Alternativenbündelung, in welcher mithilfe der Konsistenzanalyse mögliche und stabile Szenarien entwickelt werden. Aus diesen werden zwei im Hinblick auf Dienstleistungen besonders relevante Szenarien ausgewählt, welche das zentrale Ergebnis dieser Arbeit darstellen. Diese werden in Phase 6 interpretiert und ausgestaltet, um die Plausibilität und Identifikationsbereitschaft zu erhöhen und die Systemdynamik realitätsnah zu illustrieren. In Phase 7 werden schließlich durch eine Konsequenzanalyse Chancen und Risiken sowie potenzielle Maßnahmen für verschiedene Marktakteure der Elektromobilität aufgezeigt. Im fünften Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse des vierten Kapitels zusammengefasst diese in Beziehung zueinander gesetzt.

Die Entwicklung von Szenarien in dieser Forschungsarbeit bezieht sich auf den Zeitraum 2020+. Dieser Zeithorizont umfasst alle Entwicklungen ab 2020 und lässt sich mittelfristig durch das Jahr 2030 begrenzen. Ein kürzerer Zeithorizont würde die Anwendung einer Szenarioanalyse obsolet machen. Ein längerer Zeithorizont würde aufgrund der hohen Dynamik der Entwicklung der Elektromobilität zu äußerst vagen Prognosen führen. Das Jahr 2020 wird unter anderem durch die Bundesregierung für die zeitliche Kontextualisierung nunmehr kurzfristiger Ziele und damit verbundener Handlungsmaßnahmen angegeben. Zum Zweck der Vergleichbarkeit wird dieses Jahr in den Gültigkeitsbereich der entwickelten Szenarien einbezogen, ist jedoch als Ausgangspunkt des Betrachtungszeitraums und nicht etwa als Eintrittsdatum der entwickelten Szenarien zu verstehen.

Die Entwicklung der Elektromobilität bis 2030 oder 2050 ist aktuell weitestgehend unabsehbar. Wie insbesondere die historische Entwicklung zeigt, sind technologische Fortschritte zur Optimierung der Reichweite oder im Bereich der Schnellladung nicht ausreichend, um den Erfolg der Elektromobilität langfristig zu gewährleisten. Vielmehr ist es entscheidend, das gesamte Mobilitätskonzept des Automobils neu zu entwickeln, das Auto und die damit verbundene Mobilität grundlegend neu zu denken und dabei neben dem technologischen Fortschritt die Innovation und Nutzerorientierung im Bereich der Dienstleistungen zu fördern. Nur so kann das Elektroauto nutzbar und erlebbar gemacht und Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität transformiert werden.



2 GRUNDLAGEN DER SZENARIOANALYSE

Im Folgenden wird das Verfahren der Szenarioanalyse als methodische Grundlage dieser Arbeit dargelegt. Es erfolgen zunächst eine Begriffsdefinition und Abgrenzung gegenüber alternativen Prognosemethoden (Kapitel 2.1). Anschließend werden die historische Entwicklung (Kapitel 2.2) und die Vorgehensweise der Szenarioanalyse erläutert (Kapitel 2.3). Kapitel 2.3 stellt den zentralen Bestandteil dieses Kapitels dar. Abschließend erfolgt eine Bewertung der Methode, in welcher Stärken und Schwächen des Verfahrens abgewägt und die Nutzung der Szenarioanalyse in dieser Arbeit begründet werden (Kapitel 2.4).

2.1 Terminologie und Einordnung

Im weiteren Verlauf wird zunächst die Terminologie der Begriffe **Szenario** und **Szenarioanalyse** beschrieben. Anschließend folgt eine methodische Einordnung der Szenarioanalyse entsprechend verschiedenen Kategorisierungen.

Das Wort **Szenario** geht auf das lateinische Wort *scaenarium* bzw. auf den griechischen Begriff **Szenario** (griech. Σενάριο) zurück. Im Kontext der Wirtschaftswissenschaften wird ein Szenario als „*a hypothetical sequence of events constructed for the purpose of focusing attention on causal processes and decision points*“ definiert (KAHN U. WIENER 1967, S. 6). Vereinfacht ausgedrückt bezeichnet ein Szenario demnach sowohl eine zukünftige Situation, welche sich in eine Chronologie kausal verknüpfter Ereignisse einordnen lässt, als auch den zugehörigen Entwicklungsverlauf. Anders als die terminologische Bedeutung des Begriffs **Analyse** suggeriert, wird dieser Verlauf durch die Szenarioanalyse nicht „als Ganzes in seine Bestandteile zerlegt“ (DUDEN 2017), sondern vielmehr auf induktive Weise konstruiert. Die Begriffe **Szenariotechnik** und **Szenarioanalyse** werden meist in äquivalenter Form genutzt (vgl. MIßLER-BEHR 1993, S. 8). Im Folgenden wird ausschließlich die Bezeichnung **Szenarioanalyse** verwendet.

MIETZNER unterteilt die Methoden der Zukunftsforschung in normative und explorative (auch deskriptive) Techniken. Während mit explorativen Techniken das Ziel verfolgt wird, eine möglichst große Anzahl von Zukunftsszenarien auf Basis von Schlüsselfaktoren zu entwickeln, sind normative Methoden für wenige, plausibel erscheinende und für gewöhnlich aus intuitiven Einschätzungen hervorgehende Szenarien geeignet. Ein exploratives Szenario wird folglich eher induktiv, das heißt durch eine Verknüpfung möglicher Entwicklungen, und ein normatives Szenario eher deduktiv, das heißt durch eine rückwärtige Analyse der Bedingungen für ein zuvor definiertes Zukunftsbild, entwickelt. Beispiele für normative Methoden sind das Brainstorming und die Delphi-Methode. Ferner ist die Szenarioanalyse als explorative Methode zu beschreiben, sie kann aber auch auf normative Weise angewendet werden. (vgl. MIETZNER 2009, S. 41 ff.; vgl. STEINMÜLLER 1997, S. 31)

Die Szenarioanalyse ist eine Prognosemethode. Grundsätzlich wird zwischen quantitativen und qualitativen Prognosemethoden unterschieden (vgl. MIETZNER 2009, S. 43). Dabei zählen die Trendexploration, Lebenszyklusanalyse und Regressionsanalyse zu den quantitativen Methoden. Die historische Analogie, die Delphi-Methode und die Szenarioanalyse werden den qualitativen Methoden zugeordnet. Nachfolgend werden zunächst die quantitativen und anschließend die qualitativen Prognosemethoden beschrieben.

In quantitativen Prognosemethoden werden vergangene Strukturen und Erfolgsmodelle genutzt, um mithilfe von Prognosefunktionen zukünftige Entwicklungen und daraus resultierende Maßnahmen abzuleiten. Auf diese Weise erlauben statistische Daten als Wissensgrundlage zwar eine kurzfristige Projektion auf die zukünftige Situation, für langfristige Prognosen sind diese aus folgenden Gründen jedoch ungeeignet (s. HELM U. SATZINGER 1999, S. 961 f.): Erstens beziehen quantitative Methoden zum Beispiel die Dynamik des technologischen Fortschritts und des Wirtschaftssystems, die zu Abweichungen von erwarteten Entwicklungen führen, nicht ein. Zweitens werden politische und gesellschaftliche Entwicklungen sowie gesetzgeberische Maßnahmen kaum berücksichtigt (vgl. REIBNITZ 1992, S. 22). Drittens entspricht das durch ausschließlich quantitative Faktoren entstehende Modell nicht der Realität, da diese Faktoren von oftmals irrationalen, menschlichen Entscheidungen bestimmt werden.

Die Grundlage der qualitativen Prognosemethoden bildet hingegen subjektives Expertenwissen. Dieses ist zumeist auch die Handlungsgrundlage für Unternehmen, weshalb qualitative Methoden besonders realistische Ergebnisse ermöglichen. Die teilweise Überführung dieser qualitativen Daten in quantitative Daten, wie sie z. B. die Szenarioanalyse vorsieht, lässt sich durch das Konzept der Fuzzylogik legitimieren. Dabei wird die Vagheit der menschlichen Wahrnehmung in mathematische Modelle integriert und so eine weitestgehend objektive Auswertung auf Basis realitätsnaher Daten ermöglicht. Qualitative Prognosemethoden sind somit für die Untersuchung der äußerst dynamischen Elektromobilität eher geeignet als quantitative Methoden. Daher wird nachfolgend die Eignung der historischen Analogie, der Szenarioanalyse und der Delphi-Methode, welche die bedeutsamsten qualitativen Methoden darstellen, geprüft.

Das Verfahren der historischen Analogie setzt ebenso wie quantitative Prognosemethoden ein wiederkehrendes Muster von Veränderungen voraus. Da es somit keine alternativen Entwicklungsmöglichkeiten berücksichtigt, ist es für den Einsatz im variablen Kontext der Elektromobilität nicht geeignet. (vgl. MIETZNER 2009, S. 48)

Der Betrachtungsbeginn der Szenarioanalyse liegt hingegen in der Gegenwart. Auch wird mit ihr nicht das Ziel verfolgt, die Zukunft exakt und absolut abzubilden, sondern es werden verschiedene alternative Szenarien generiert, welche auch bei einer Trendabweichung die Handlungsfähigkeit des Anwenders aufrechterhalten. Da die Szenarioanalyse so wesentlich

reflektierter und nachhaltiger komplexe Informationssysteme verarbeitet, ist diese Methode für die Anwendung im vorliegenden Kontext geeignet (vgl. REIBNITZ 1992, S. 26).

Die Delphi-Methode (i. A. a. das Orakel von Delphi) ist ein Befragungsverfahren, welches das Ziel hat, einen Konsens aus verschiedenen Expertenmeinungen zu generieren. Die Experten bewerten dabei zunächst unabhängig voneinander verschiedene Sachverhalte mithilfe von Arbeitsformularen. Oft beziehen sich die Fragen auf eine Datierung zukünftiger technologischer Entwicklungen. Die Ergebnisse werden anschließend durch einen Projektleiter ausgewertet. Dabei werden vor allem Diskrepanzen zwischen den Expertenmeinungen – gegebenenfalls anhand eines zuvor entwickelten Bewertungsschemas – herausgearbeitet. Den Experten werden diese Diskrepanzen anschließend, beispielsweise durch Stellungnahmen zu extremen Positionen, dargelegt. Vor diesem Hintergrund erfolgt eine erneute Bewertung. Dieses Verfahren wird so lange wiederholt, bis sich die Abweichungen innerhalb einer zuvor definierten Toleranz bewegen. Die Delphi-Methode kann die Komplexität der Elektromobilitätsentwicklung als eigenständige Methode kaum bewältigen. Trotz der Gefahr einer „Tendenz zum Mittelwert“ bietet sie jedoch großes Potenzial im Hinblick auf die Integration in die Szenarioanalyse. So ist nicht nur die Bewertung bzw. Festlegung von Einflussfaktoren, sondern auch die Entwicklung der Szenarien ein denkbare Anwendungsgebiet der Delphi-Methode innerhalb der Szenarioanalyse (KOSOW ET AL. 2008). Die Methode wird in dieser Szenarioanalyse jedoch nicht eingesetzt, da angesichts oft quantitativ beschreibbarer Eingangsgrößen die Bildung eines Mittelwertes bei geringerem Aufwand ebenso geeignet ist.

2.2 Historie der Szenarioanalyse

Der Begriff Szenario stammt aus der Theater- und Filmsprache und bezeichnet hier die übersichtlich dargestellte Szenenfolge eines Dramas (s. MIßLER-BEHR 1993, S. 1). Die Zukunftsforschung, welche die Bezeichnung übernehmen sollte, entwickelte sich erst wesentlich später (vgl. MIETZNER 2009, S. 105).

Die Idee der Futurologie, einer Wissenschaft der Zukunft als Gegenpol zur Geschichtsforschung, wurde im 19. Jahrhundert von FRIEDRICH LIST entwickelt. In den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts folgte die Begriffsprägung der Futurologie durch OSSIP K. FLECHTHEIM und der Beginn der wissenschaftlichen Diskussion zur Szenarioanalyse durch mehrere Studien. Dabei wurde die Zukunft konzeptionell bereits nicht mehr als die determinierte Fortführung der Vergangenheit verstanden. (vgl. MIETZNER 2009, S. 105)

In den fünfziger Jahren wurden neue Methoden und Verfahren entwickelt, die von der militärischen Kontextualisierung des Begriffs geprägt sind. Neben der Arbeit von HERMANN KAHN, die sich auf die Erfordernisse moderner Kriegsführung bezieht, werden durch die RAND-Corporation auch verschiedene Studien zum Nuklearkrieg zwischen den USA und der Sowjetunion erstellt. Das militärische Verständnis der Szenarioanalyse findet sich jedoch bereits im Werk „Vom Kriege“ von CLAUSEWITZ, entstanden im 19. Jahrhundert, wieder, in dem Gefechte zum Zwecke des Krieges als szenarioähnliche Prozesse behandelt werden (vgl. CLAUSEWITZ 2008, S. 345).

Durch die Ölkrise und eine fortschreitende Intensivierung des Wettbewerbs in den siebziger Jahren fand die Szenarioanalyse endgültig Eingang in die Betriebswirtschaft, wobei nicht mehr ein „Gefecht zum Zwecke des Krieges“ (CLAUSEWITZ 2008, S. 345), sondern operationale Maßnahmen zur Stärkung der Marktposition im Mittelpunkt standen (s. REIBNITZ 1992, S. 11). Aufgrund des erzielbaren Wettbewerbsvorteils erfolgte schnell eine Ausbreitung der Szenarioanalyse von den USA nach Europa (s. REIBNITZ 1992, S. 13).

Zur Popularität im deutschsprachigen Raum trugen in den 80er Jahren vor allem PROF. DR. HORST GESCHKA und UTE HELENE VON REIBNITZ bei (s. MIETZNER 2009, S. 118). Mit ihrem Werk „Szenario-Technik – Instrument für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung“, 1991 veröffentlicht, schuf REIBNITZ einen noch heute anerkannten terminologischen und methodischen Leitfaden für die Anwendung der Szenarioanalyse. Dieser bezieht sich vor allem auf den unternehmerischen Kontext und wurde von vielen anderen Autoren aufgegriffen, jedoch nicht grundlegend verändert. Heute findet die Szenarioanalyse nicht nur im Krisen-, Projekt- oder Risikomanagement Anwendung, sondern ist häufig ein integraler Bestandteil der mittel- und langfristigen strategischen Unternehmensplanung.

2.3 Methodische Vorgehensweise

Das Werk „Szenario-Technik – Instrument für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung“ von REIBNITZ dient dieser Arbeit als zentrale methodische Grundlage. Im vorliegenden Kapitel wird die von REIBNITZ vorgeschlagene methodische Vorgehensweise bei der Anwendung der Szenarioanalyse erläutert. Anschließend folgt in Kapitel 2.4 eine Bewertung dieses Verfahrens.

Die für ein Unternehmen und somit auch für eine auf dieses Unternehmen bezogene Szenarioanalyse relevanten Informationen lassen sich nach REIBNITZ in verschiedene Hierarchieebenen aufteilen. Die Abteilungen, der Absatzmarkt und die politischen sowie gesellschaftlichen Rahmenbedingungen stellen beispielsweise drei Ebenen des Unternehmensumfelds mit zunehmendem Abstraktionsgrad sowie wachsendem kognitiven Abstand zur Unternehmensleitung dar (vgl. REIBNITZ 1992, S. 23 f.). Konkret wird häufig eine Unterscheidung zwischen lokalen und globalen Faktoren vorgenommen. Diese findet bei REIBNITZ Erwähnung, wurde von anderen Autoren jedoch ausführlicher behandelt (s. REIBNITZ 1992, S. 26). Dementsprechend erfolgt eine genauere Erläuterung dieser Einteilung in Kapitel 4.1. Die Grundlage der Szenarioanalyse nach REIBNITZ bildet der durch die folgende Trichterdarstellung in Abbildung 2.3-1 visualisierte Zukunftsraum.

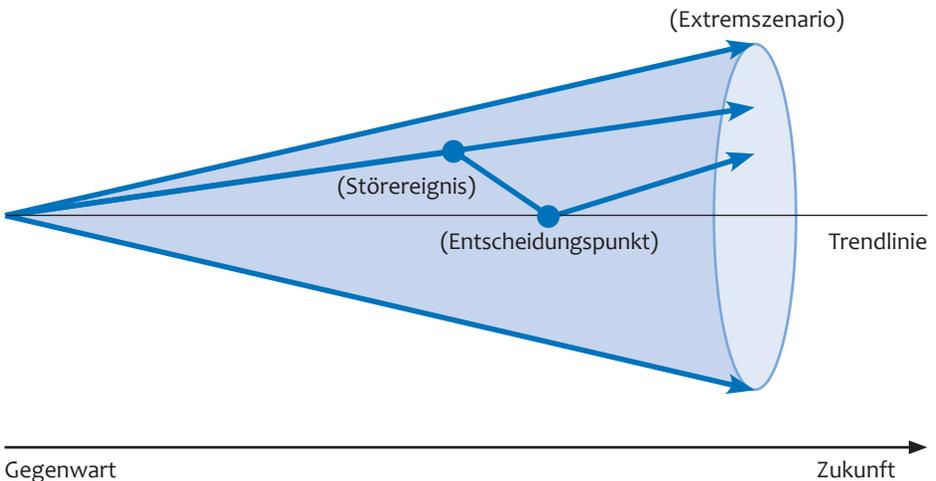


Abbildung 2.3-1: Darstellung des Szenario-Trichters
(eigene Darstellung i. A. a. REIBNITZ 1992, S. 27)

Der Durchmesser des Trichters in Abbildung 2.3-1 stellt die Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklungen dar. Diese steigt mit zunehmendem Prognosehorizont. Es ergeben sich verschiedene Pfade innerhalb eines durch Extremszenarien, welche auch Szenario-Archetypen genannt werden, vorgegebenen Spektrums (Mantelflächen des Trichters). Im Gegensatz dazu stellt die horizontale Trendlinie die logische Weiterführung der gegenwärtigen Entwicklungstendenzen dar. Störereignisse führen zu Unstetigkeiten im Szenarioverlauf, die auch eine Abweichung vom Trendszenario erklären können. Durch zielgerichtete Entscheidungen kann solchen Unstetigkeiten entgegengewirkt werden. (s. REIBNITZ 1992, S. 28)

REIBNITZ empfiehlt die Entwicklung von zwei Extremszenarien, da die Entwicklung lediglich eines Trendszenarios dessen Realisierung als sehr wahrscheinlich gelten lässt und so „Kurskorrekturen“ zu spät eingeleitet werden (s. REIBNITZ 1992, S. 28). Im Gegensatz dazu schlagen SEGNER sowie TEICHMANN drei Szenarien bzw. Entwicklungsstufen vor (vgl. SEGNER 1976, S. 28; vgl. TEICHMANN 1990, S. 43; s. MIßLER-BEHR 1993, S. 3). Bisher konnte sich keine Anzahl von Szenarien allgemein durchsetzen, jedoch suggeriert die englische Übersetzung der Szenarioanalyse als „*multiple scenario analysis (MSA)*“, dass abhängig von der Problemstellung mindestens zwei Szenarien entwickelt werden sollten.

In dieser Arbeit werden zwei Extremszenarien nach dem Vorgehen von REIBNITZ entwickelt. Jene weisen folgende Eigenschaften auf (s. REIBNITZ 1992, S. 28):

1. Konsistenz: Die Szenarien dürfen sich nicht widersprechen.
2. Stabilität: Die Validität der Szenarien darf durch geringfügige Störungen nicht gefährdet werden.
3. Unterschiedlichkeit: Die Szenarien sollten eine möglichst große inhaltliche Nähe zu den Extremszenarien aufweisen.

HANNAH KOSOW und ROBERT GASSNER formulieren zusätzlich folgende Gütekriterien für Szenarien im Allgemeinen (s. KOSOW ET AL. 2008, S. 28ff.):

- Verständlichkeit: Die Szenarien sind präzise zu formulieren und ausreichend – aber nicht zu komplex – zu detaillieren.
- Transparenz: Die Bildung der Szenarien muss transparent dargestellt werden.
- Grad der Integration: Die Szenarien sollten eine möglichst große Anzahl von Zusammenhängen zwischen unterschiedlichen Dimensionen bzw. Sektoren (vertikal bzw. horizontal) vorweisen.
- Rezeptionsqualitäten: Zu den Qualitäten eines Szenarios zählen auch Faszinationskraft, Ästhetik und Deutbarkeit.
- Beteiligte: Der Grad der Inklusion der an der Szenariofindung beteiligten Akteure sollte möglichst hoch sein.

Das Vorgehen der Szenarioanalyse lässt sich in verschiedene Arbeitsschritte einteilen. Hinsichtlich der Anzahl dieser Schritte herrscht in der Literatur Uneinigkeit. Die Autoren BEA u. HAAS formulieren die drei grundlegenden, übergreifenden Phasen der Analyse, Projektion und Auswertung (s. BEA u. HAAS 2013, S. 298). FINK nutzt vier Phasen, REIBNITZ führt acht Schritte auf (vgl. REIBNITZ 1992, S. 5). Das prinzipielle übergeordnete Verfahren jedoch ähnelt sich bei sämtlichen Autoren stark.

Abbildung 2.3-2 stellt den allgemeinen Ablauf der Szenarioanalyse nach FINK schematisch dar. Dabei bilden die Systemanalyse und die Auswahl von Schlüsselfaktoren den ersten Schritt. Danach werden alternative Zukunftsprojektionen für diese Faktoren entwickelt. In einem dritten Schritt erfolgt eine Bündelung der alternativen Projektionen zu konsistenten Szenarien. Schließlich werden diese Szenarien interpretiert und beschrieben. (s. FINK 1999, S. 128)

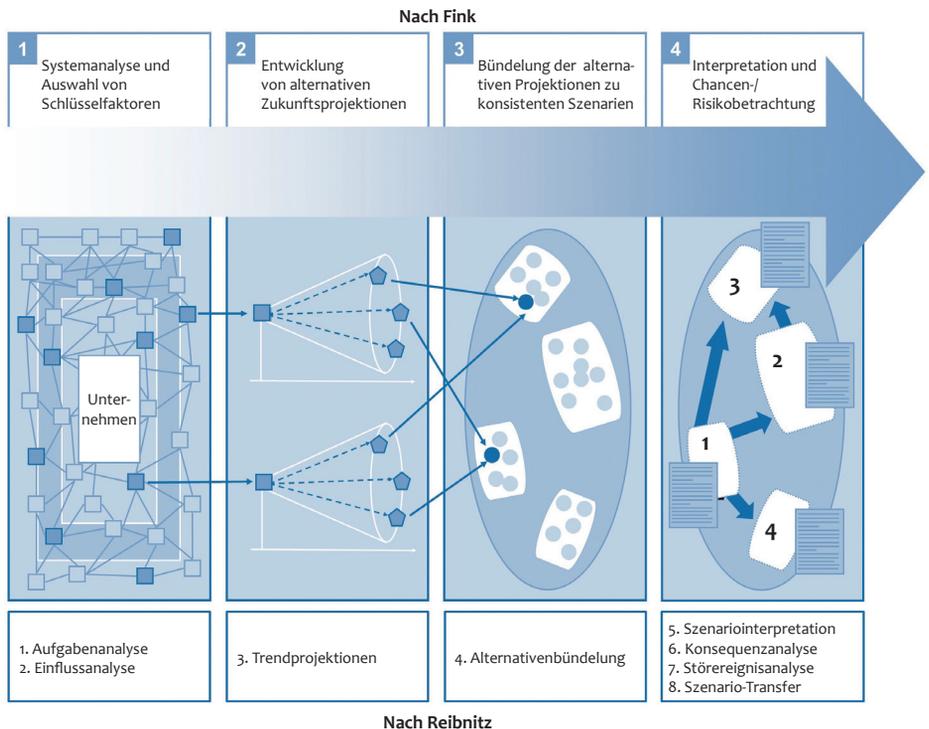


Abbildung 2.3-2: Vorgehensweise der Szenarioanalyse (eigene Darstellung i. A. a. FINK 1999, S. 128; REIBNITZ 1992, S. 5)

Der Ablauf nach FINK entspricht inhaltlich den von REIBNITZ formulierten acht Handlungsschritten (s. Abbildung 2.3-2). Da REIBNITZ das Verfahren detaillierter beschreibt, wird in den folgenden acht Unterkapiteln der Ablauf demgemäß dargestellt. Dabei entsprechen die Systemanalyse und die Auswahl von Schlüsselfaktoren dem Modell nach FINK, die Aufgaben- und Einflussanalyse dem Modell von REIBNITZ. Die Entwicklung alternativer Zukunftsprojektoren und deren Bündelung entspricht den Schritten „Zukunftsprojektionen“ und „Alternativenbündelung“. Die Interpretation der Szenarien ergänzt REIBNITZ um die Entwicklung strategischer Ziele. Dies wird in den Unterkapiteln „Szenariointerpretation“, „Konsequenzanalyse“, „Störereignisanalyse“ und „Szenariotransfer“ beschrieben.

2.3.1 Aufgabenanalyse

Die Aufgabenanalyse umfasst zwei untergeordnete Handlungsschritte. Einerseits erfolgt eine Auswertung der gegenwärtigen Situation des Anwenders, welche den Ausgangspunkt der Szenarioanalyse bildet, andererseits wird ein Zeithorizont festgelegt.

Die Auswertung der aktuellen Situation umfasst die folgenden Aspekte, jeweils bezogen auf das Unternehmen bzw. auf den Anwender (s. REIBNITZ 1992, S. 31 f.):

1. Leistungsspektrum
2. Leitbild
3. kurzfristige, mittelfristige und langfristige Strategien
4. Stärken und Schwächen des Unternehmens
5. unternehmensinterne Rahmenbedingungen (engl. *Company Policies*)

Von ca. 10 bis 16 Führungskräften und einem Moderator sollen nach diesen Kriterien die Ziele und Strategien sowie die Stärken und Schwächen des Unternehmens analysiert werden. Dabei wäre auch die Portfolioanalyse, welche die Abschätzung der wettbewerbsbezogenen Position des Unternehmens ermöglicht, eine denkbare Methode. (s. REIBNITZ 1992, S. 32 f.)

Die Analyse der aktuellen Situation des Anwenders wird in dieser Arbeit nicht durchgeführt, da sich diese Szenarioanalyse nicht auf ein bestimmtes Unternehmen konzentriert, sondern strategie- und portfoliounabhängig mögliche Szenarien entwickelt.

Im Anschluss an die Erfassung der gegenwärtigen Situation folgt die Festlegung eines geeigneten Zeithorizonts. Dieser ist abhängig vom Ziel, welches mit der Szenarioanalyse verfolgt wird. Im unternehmerischen Kontext wird zwischen kurzfristigen und mittel- bis langfristigen Zeithorizonten unterschieden. Der kurzfristige Zeitraum bezieht sich beispielsweise auf die Entwicklung eines neuen Produkts. Der zweite Zeithorizont bezieht sich auf die mittel- bis langfristige Reaktion des Marktes auf das Produkt und ist daher abhängig von der Dauer der Produktentwicklung um fünf bis sieben Jahre später festzulegen (s. REIBNITZ 1992, S. 32). Für diese Szenarioanalyse wird lediglich ein Zeithorizont festgelegt (s. Kapitel 1.4).

2.3.2 Einflussanalyse

Das Ziel der Einflussanalyse ist es, die auf den Anwender wirkenden Einflussbereiche zu bestimmen. Anschließend werden zu jedem Einflussbereich spezifische Einflussfaktoren ermittelt, welche die Entwicklung der Einflussbereiche determinieren. In einem dritten Schritt folgt die Vernetzung dieser Einflussfaktoren, um auch die Systemdynamik des Umfelds zu erfassen. (s. REIBNITZ 1992, S. 33)

Oft gewählte lokale Einflussbereiche sind der Absatz- und Beschaffungsmarkt sowie der Wettbewerb. Auf globaler Ebene erfolgt häufig eine Einteilung in die für die STEP-Analyse (auch PEST-Analyse) relevanten soziokulturellen (*sociological*), technologischen (*technological*), ökonomischen (*economical*) und politischen (*political*) Veränderungen. Diese Kategorisierung bildet die Basis der Makro-Umweltanalyse, welche jedoch häufig um weitere Bereiche wie die Ökologie ergänzt wird (vgl. REIBNITZ 1992, S. 33).

Abgesehen von den Kategorien der STEP-Analyse können sich für unterschiedliche Unternehmen verschiedene Einflussbereiche und innerhalb gleicher Einflussbereiche verschiedene Einflussfaktoren ergeben. REIBNITZ schlägt vor, branchenspezifische Checklisten zu verwenden, welche jedoch an das jeweilige Unternehmen anzupassen sind. Auch können besonders komplexe Einflussbereiche in weitere Untergruppen aufgeteilt werden, um die Übersichtlichkeit der Einflussfaktoren zu gewährleisten. (vgl. REIBNITZ 1992, S. 34 f.)

Nachdem Einflussbereiche und -faktoren sowie deren Hierarchie festgelegt worden sind, können diese vernetzt werden. REIBNITZ' Formulierungen sind an dieser Stelle insofern inkonsistent, als dass teilweise eine Vernetzung der Einflussfaktoren, an anderen Stellen jedoch eine Vernetzung der Einflussbereiche gefordert wird (vgl. REIBNITZ 1992, S. 34 f.). In dieser Arbeit wird eine Vernetzung der Einflussfaktoren vorgenommen, da so eine präzisere und damit realitätsnähere Systemdynamik entsteht.

Die Umsetzung der Vernetzung erfolgt nach REIBNITZ durch eine Vernetzungsmatrix, welche in einer zweidimensionalen Tabelle jeden Faktor mit jedem anderen Faktor in Beziehung setzt (s. REIBNITZ 1992, S. 36). Die Zahlenwerte der Felder geben dabei an, wie stark die vertikal aufgelisteten Systemelemente die horizontal aufgelisteten Elemente beeinflussen (s. Tabelle 2.3-1). Als Zeilensumme ergibt sich die sogenannte Aktivsumme, welche angibt, wie stark der jeweilige horizontal aufgetragene Einflussfaktor die anderen Faktoren beeinflusst. Die Spaltensumme entspricht der Passivsumme. Diese drückt aus, wie stark der Faktor von anderen Faktoren beeinflusst wird (s. REIBNITZ 1992, S. 36). Tabelle 2.3-1 zeigt beispielhaft eine vollständig ausgefüllte Matrix.

System- elemente	A	B	C	D	Aktiv- summe
A	X	2	2	1	5
B	1	X	1	1	3
C	0	2	X	2	4
D	0	2	2	X	4
Passiv- summe	1	6	5	4	

0 = kein Einfluss; 1 = schwacher oder indirekter Einfluss; 2 = starker Einfluss

*Tabelle 2.3-1 Vernetzungsmatrix von Einflussfaktoren
(eigene Darstellung i. A. a. REIBNITZ 1992, S. 35)*

Die in der Tabelle 2.3-1 zur Bewertung genutzte Skala besteht aus drei Stufen. Der Wert „0“ gibt an, dass sich die Faktoren nicht beeinflussen. Der Wert „1“ kennzeichnet einen schwachen oder indirekten Einfluss, der Wert „2“ einen starken Einfluss. Grundsätzlich existiert keine Vorgabe in Bezug auf die Größe der verwendeten Bewertungsskala. Eine größere Skala würde jedoch die Unsicherheit vergrößern und aussagelose Mittelwerte hervorbringen. Um dies auch bei einer dreistufigen Skala zu vermeiden, sollte ein Protokoll erstellt werden, welches die Art der Einflüsse sowie Begründungen für die Einflussstärken aufführt. (s. REIBNITZ 1992, S. 36)

Die Ergebnisse der Vernetzung können nun in einem System-Grid dargestellt werden. Dieser Begriff beschreibt ein zweiachsiges Diagramm, in welches die Einflussfaktoren anhand ihrer Werte für die Passivsumme und Aktivsumme eingetragen sind. Das Diagramm lässt sich in vier gleich große Felder aufteilen (s. Abbildung 2.3-3): Feld I (hohe Aktivsumme, niedrige Passivsumme) umfasst die aktiven bzw. impulsiven Faktoren. Diese können als „Hebel“ gestaltend genutzt werden, sofern sie – abgesehen von einer Beeinflussung durch andere Einflussfaktoren – lenkbar sind. Feld II (hohe Aktivsumme, hohe Passivsumme) beinhaltet die aktiven bzw. kritischen oder dynamischen Faktoren, welche besonders beachtet werden sollten, da sie sowohl indizierend als auch lenkend wirken. Feld III (niedrige Aktivsumme, niedrige Passivsumme) ist das Feld der puffernden bzw. trägen Faktoren, welche eher geringfügig vernetzt sind. Nach einer metaphorischen Darstellung durch REIBNITZ tragen sie als Motoröl zwar nicht zum Antrieb, aber zu einem reibungslosen Ablauf bei. Feld IV (niedrige Aktivsumme, hohe Passivsumme) beschreibt die passiven bzw. reaktiven Faktoren, welche als Indikatoren des Systems geeignet sind. (s. REIBNITZ 1992, S. 36 ff.; s. KOSOW ET AL. 2008, S. 39)

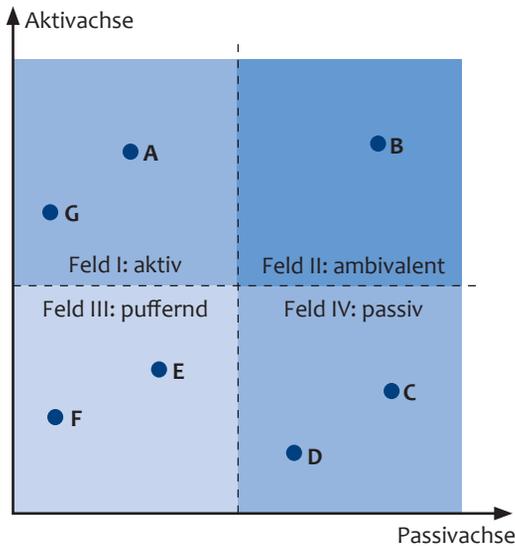


Abbildung 2.3-3:
System-Grid mit beispielhaften
Werten (eigene Darstellung
i. A. a. REIBNITZ 1992, S. 38)

Aus dieser Darstellung resultieren zwei grundlegende Handlungsvorschriften für den Anwender. Erstens sollten sich die finanziellen Investitionen des Unternehmens besonders auf die Elemente mit hoher Aktivsumme konzentrieren. Dies ist damit zu begründen, dass so mit einem möglichst guten Kosten-Nutzen-Verhältnis ein Einfluss auf das Gesamtsystem ausgeübt werden kann. Zweitens sollten vorzugsweise passive Elemente möglichst indirekt beeinflusst werden (s. REIBNITZ 1992, S. 39). Mit einer niedrigen Passivsumme geht oftmals auch eine schlechte Beeinflussbarkeit einher, sodass dem Feld I zuzuordnende Faktoren, wie z. B. die Gesetzgebung, nur schwer beeinflusst werden können. Der Markt hingegen ist ein vorrangig passiver Bereich, welcher z. B. durch Marketingmaßnahmen besonders stark beeinflusst wird, auch weil er besonders beeinflussbar ist (vgl. REIBNITZ 1992, S. 40). REIBNITZ nennt vier Fehler, welche oft im Kontext vernetzter Systeme auftreten: Erstens führt die Angst vor einer falsch gerichteten Beeinflussung des Öfteren zu einer Verweigerung gegenüber neuen Methoden. Zweitens besteht die Gefahr einer Reduktion auf vordergründig sichtbare, vermeintlich zentrale Probleme, welche jedoch im Kontext ihrer Umwelt betrachtet werden sollten. Als Beispiel wird hier der Austausch eines defekten Teils einer alten Maschine durch ein neues Ersatzteil beschrieben, welcher durch mangelnde Kompatibilität möglicherweise zu einer geringeren Funktionalität führen kann. Den dritten Fehler bildet eine Ungeduld bezüglich der Reaktion des Systems auf neue Maßnahmen, welche oft zu einer Intensivierung jener und letztlich zur Übersteuerung des Systems führt. Der vierte Fehler ist die Rückkehr zur Betrachtung isolierter Teilprobleme bei ausbleibendem Erfolg der durch Vernetzung geprägten Strategie. (s. REIBNITZ 1992, S. 41 ff.)

Die Einflussanalyse bildet einen wesentlichen Schritt der Szenarioanalyse, da hier die Datengrundlage für die Entwicklung konsistenter Szenarien entwickelt wird. Außerdem bietet die vernetzte Sichtweise auf verschiedene Einflussfaktoren schon vor der eigentlichen Szenarioentwicklung eine Hilfestellung für die Wahl operativer Maßnahmen und die Nutzung von Synergieeffekten durch den Anwender (vgl. REIBNITZ 1992, S. 43). Die Umsetzung der Einflussanalyse in dieser Arbeit erfolgt in Phase 1 bis Phase 3 (Kapitel 4.1, 4.2 und 4.3).

2.3.3 Zukunftspjektionen

Dieser von REIBNITZ als „Trendprojektionen“ bezeichnete Handlungsschritt wird in zwei Schritten durchgeführt. Erstens werden mithilfe der in der Einflussanalyse festgelegten Einflussfaktoren Schlüsselfaktoren, von REIBNITZ als „Deskriptoren“ bezeichnet, entwickelt (s. KOSOW ET AL. 2008, S. 21; vgl. REIBNITZ 1992, S. 119). Diese Entwicklung beschränkt sich in dieser Arbeit auf eine Auswahl der wichtigsten Einflussfaktoren. Zweitens wird der Ist-Zustand der Schlüsselfaktoren auf intuitiv-kreative Weise auf ein oder zwei Zeithorizonte projiziert. Diese Zukunftspjektionen zeigen potenzielle zukünftige Entwicklungen der Schlüsselfaktoren auf.

Die Schlüsselfaktoren sollten wertneutral formuliert werden, um keine mentale Barriere gegen alternative Entwicklungen zu schaffen. Die Schlüsselfaktoren „Akzeptanz neuer Technologien“ oder „Marktwachstum“ implizieren beispielsweise eine positive Entwicklung. (s. REIBNITZ 1992, S. 45 ff.) Die Entwicklung von Zukunftspjektionen erfolgt nach dem Prinzip des Szenario-Trichters. Je größer demnach die Unsicherheit ist, welche meist mit zunehmendem Zeithorizont steigt, desto mehr Zukunftspjektionen können und sollten entwickelt werden. (vgl. REIBNITZ 1992, S. 45 ff.) In dieser Arbeit erfolgt die Zukunftspjektion nicht, wie von REIBNITZ empfohlen, in Bezug auf zwei exakt festgelegte Zeithorizonte, sondern für den Zeitraum 2020+ (s. Kapitel 4.4). Die Entwicklung von Zukunftspjektionen wird in Phase 4 (Kapitel 4.4) durchgeführt.

2.3.4 Alternativenbündelung

Die Alternativenbündelung verfolgt das Ziel, die im dritten Schritt entwickelten Zukunftspjektionen der Schlüsselfaktoren im Hinblick auf Konsistenz und Logik zu gewichten. Dies lässt sich durch zwei verschiedene Verfahren erreichen. Erstens ist eine Entwicklung von konsistenten Szenarien im Rahmen von Seminaren durch eher intuitive Gegenüberstellungen der Zukunftspjektionen möglich. Dabei ist z. B. eine Orientierung an den Trends „Markets first“, „Policy first“, „Security first“ und „Sustainability first“ denkbar (s. KOSOW ET AL. 2008, S. 22). Bei einer großen Anzahl von Schlüsselfaktoren empfiehlt REIBNITZ zweitens die Anwendung einer Konsistenzmatrix, mithilfe derer eine detaillierte Analyse komplexer Systeme möglich ist. Dieses Verfahren wird auch als Konsistenzanalyse bezeichnet. (s. REIBNITZ 1992, S. 49)

Die Konsistenzmatrix stellt analog zur Vernetzungsmatrix der Einflussanalyse alle Zukunftsprojektionen in einer zweidimensionalen Tabelle gegenüber (s. Abbildung 2.3-4). Schlüsselfaktor 1 kann sich beispielsweise in die Entwicklungsrichtung A oder B entwickeln und dabei auf die Zukunftsprojektionen C und D des Schlüsselfaktors 2 Einfluss nehmen. Die Matrix wird anschließend mithilfe einer CAS-Software, welche konsistente „Annahmenbündel“ erkennt, ausgewertet (s. REIBNITZ 1992, S. 50).

		1		2	
		A	B	C	D
1	A	X		-	-
	B			+	+
2	C	+	-	X	
	D	-	+		

Abbildung 2.3-4: Schematische Darstellung einer Konsistenzmatrix (eigene Darstellung i. A. a. REIBNITZ 1992, S. 50)

Die Konsistenz von Szenarien lässt sich auch als Stimmigkeit oder logische Widerspruchsfreiheit umschreiben. Im Kontext von relationalen Datenbanken wird der Begriff **Konsistenz** ferner durch bestimmte Integritätsbedingungen festgelegt. Die Eigenschaft der Widerspruchsfreiheit ist eine zentrale Bedingung für die Seriosität, Kreditibilität und Plausibilität der entwickelten Szenarien. So gehen rückgängige Forschungsanstrengungen wahrscheinlich nicht mit technischen Fortschritten einher, sodass eine Kombination dieser Entwicklungen innerhalb eines Szenarios als nicht konsistent zu werten ist. (vgl. STEINMÜLLER 1997, S. 62; s. KOSOW ET AL. 2008, S. 29)

Die Bewertung der Beziehung möglicher Zukunftsprojektionen innerhalb der Matrixfelder erfolgt nach einer festgelegten Skala. Ist keine Korrelation zwischen zwei Entwicklungen erkennbar, wird die entsprechende neutrale Beziehung mit der Ziffer 0 bewertet. Konsistente Beziehungen erhalten eine positive, sich widersprechende Entwicklungen eine negative Bewertung. Falls ferner Synergieeffekte bzw. eine absolute Inkonsistenz vorliegen, werden anstelle der Werte +1 bzw. -1 die als stärker gewichteten Werte +2 bzw. -2 gewählt. Im Gegensatz zu häufig auftretenden Synergieeffekten ist eine absolute Inkonsistenz schwer abschätzbar und muss bei der Bewertung besonders berücksichtigt werden. (vgl. REIBNITZ 1992, S. 50ff.) In dieser Arbeit wird ein Intervall von -3 bis 3 für die Bewertungen innerhalb der Matrix genutzt, um angesichts des sehr komplexen und ausgedehnten Themenfeldes Elektromobilität eine präzisere Datengrundlage zu erhalten. (s. Kapitel 4.1.2)

Die Daten der Konsistenzmatrix werden nach REIBNITZ durch ein Computerprogramm verarbeitet. REIBNITZ stellt die Funktionsweise des Programms anhand von vier schematischen, chronologischen Schritten dar. Erstens sollen alle theoretisch möglichen Kombinationen von Zukunftsprojektionen berechnet werden. Zweitens werden alle Szenarien mit größtmöglicher Konsistenz ausgewählt. Diese werden drittens im Hinblick auf ihre interne Stabilität bzw. langfristige Gültigkeit untersucht, da instabile Szenarien unberechenbare Veränderungen der Konsistenz erfahren. Dagegen verändert sich die Konsistenz intern stabiler Szenarien durch Störereignisse nicht. Der vierte Auswahlprozess richtet sich entsprechend dem Ideal der Szenario-Archetypen nach dem Kriterium der Unterschiedlichkeit. Auf diese Weise sollen möglichst zwei Szenarien selektiert werden, welche den Anforderungen der Konsistenz, Stabilität und Unterschiedlichkeit genügen. (s. REIBNITZ 1992, S. 52 f.)

Die konkrete Umsetzung der von REIBNITZ eher prinzipiell dargestellten Konsistenzanalyse kann z. B. durch die klassische Wechselwirkungsanalyse oder Cross-Impact-Analyse erfolgen. Die Cross-Impact-Analyse wurde im Jahr 1966 von THEODORE JAY GORDON und OLAF HELMER entwickelt und wie folgt charakterisiert:

“Cross-impact analysis represents a schema for collating and systemizing [...] expert judgments, so as to make it possible to construct a conceptual substitute, however imperfect, for a wished-for but nonexistent theory of how events affect one another in a multidisciplinary context.” (HELMER 1981)

Nach der Festlegung von möglichen Ereignissen, hier von Zukunftsprojektionen der Schlüsselfaktoren, wird zunächst die Eintrittswahrscheinlichkeit jener geschätzt. Anschließend wird die jeweilige bedingte Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Ereignisses A unter der Voraussetzung des Eintretens von Ereignis B berechnet und in einer Cross-Impact-Matrix dargestellt (s. Tabelle 2.3-2). Auch hier können nun mögliche Szenarien berechnet werden. Obwohl das Verfahren von Experten als nachvollziehbar und transparent bewertet wird, ist der Formalisierungsgrad so hoch, dass wenig verlässliche, äußerst subjektive Wahrscheinlichkeiten als Datengrundlage verwendet werden. (s. KOSOW ET AL. 2008, S. 42–44)

Wenn dieses Ereignis eintritt...	... verändert sich die Eintrittswahrscheinlichkeit von			
	Anfangswahrscheinlichkeit	Ereignis A	Ereignis B	Ereignis C
Ereignis A	0,25		0,50	0,85
Ereignis B	0,10	0,60		0,60
Ereignis C	0,75	0,15	0,50	

Tabelle 2.3-2: *Tableau zur Cross-Impact-Analyse (eigene Darstellung i. A. a. KOSOW ET AL. 2008, S. 43)*

Aufgrund der Komplexität des Konzepts der Elektromobilität wird in dieser Arbeit die Konsistenzanalyse der intuitiven Auswahl von Zukunftsprojektionen vorgezogen. Anstelle der klassischen Cross-Impact-Analyse wird dazu jedoch die Cross-Impact-Bilanzanalyse verwendet. In Anlehnung an den von REIBNITZ aufgeführten schematischen Schritten wird hier – ohne die Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeiten – die Konsistenz verschiedener Szenarien mithilfe von Wirkungsbilanzen analysiert. Die genaue Umsetzung der Alternativenbündelung wird in Kapitel 4.5 im Zuge der Phase 5 beschrieben.

2.3.5 Szenariointerpretation

Die Szenariointerpretation umfasst die Interpretation und Ausgestaltung der aus der Konsistenzanalyse hervorgegangenen Szenarien anhand der durch die Einflussanalyse ermittelten Schlüsselfaktoren. Um die Systemdynamik möglichst realitätsnah und plausibel zu beschreiben und so unter anderem die Identifikationsbereitschaft des Anwenders mit dem Szenario zu fördern, sind prinzipiell Störereignisse in die Interpretation einzubeziehen. Die Szenarien können zwecks besserer Charakterisierung mit Titeln versehen werden. (s. REIBNITZ 1992, S. 53)

REIBNITZ empfiehlt die Formulierung der Szenarien durch Einzelpersonen, da die Formulierung in Gruppen äußerst ineffizient und ineffektiv ist. Die Szenarien werden der Gruppe anschließend vorgestellt, sodass sich eine Gelegenheit bietet, Aspekte hinzuzufügen oder zu streichen. Dabei sollte die durch die Konsistenzanalyse vorgegebene Grundstruktur der Szenarien nicht verändert werden. (s. REIBNITZ 1992, S. 55 f.) In dieser Arbeit wird ein ähnliches Verfahren angewendet, welches an geeigneter Stelle in Kapitel 4.6 zur Phase 6 näher beschrieben wird.

2.3.6 Konsequenzanalyse

Die Konsequenzanalyse dient der Ableitung von Chancen und Risiken sowie der Bewertung der vorliegenden Szenarien. Auf der Grundlage dieser Evaluierung erfolgt anschließend die Festlegung von Maßnahmen bzw. Aktivitäten für den Anwender. (s. REIBNITZ 1992, S. 56)

Die Ermittlung von Chancen und Risiken bildet die Verbindung zwischen den entwickelten Szenarien, welche sich meist auf den gesamten Markt beziehen, und dem Unternehmen, welches innerhalb dieses Umfelds adaptiv agieren muss. Sie ermöglichen die frühe Nutzung von Chancen und die Vermeidung von Risiken bzw. deren Umwandlung in Chancen. (s. REIBNITZ 1992, S. 56)

Den für jeden Schlüsselfaktor ermittelten Chancen und Risiken sollten dabei ein an den Szenarien orientierter ungefährender Zeithorizont und eine Priorität zugewiesen werden. Anhand dieser werden nun möglichst konkrete und detaillierte Aktivitäten entwickelt (s. Abbildung

2.3-5). REIBNITZ warnt vor einer Orientierung an der Vergangenheit, welche die Kreativität bei der Entwicklung von Maßnahmen einschränken könnte. Außerdem seien Überlegungen zur finanziellen und operativen Umsetzbarkeit jener erst nach Beendigung der kreativen Maßnahmenermittlung sinnvoll, da eine vorzeitige Bewertung beider Verfahren schaden würde. (s. REIBNITZ 1992, S. 56)

Deskriptor	Chancen (C), Risiken (R)*	Zeit**	Priorität	Aktivitäten

* C/R kurzfristig ** 1 = entscheidend
 C/R mittelfristig 2 = wichtig
 C/R langfristig 3 = weniger wichtig

Abbildung 2.3-5: *Tableau zur Konsequenzanalyse (eigene Darstellung i. A. a. REIBNITZ 1992, S. 58)*

Die Konsequenzanalyse bildet den wichtigsten Schritt für die Planung des Unternehmens, zu deren Zweck die Szenarioanalyse meist Anwendung findet. Unterschiedliche Stärken und Schwächen, Ressourcen sowie Organisationsformen erschweren die Festlegung einer Leitstrategie oder konkreter Maßnahmen, deren Entwicklung auch die folgenden Schritte beinhalten. (s. REIBNITZ 1992, S. 69) Außerdem führt die innerhalb eines Unternehmens bestehende höhere Kompetenz, die eigene Situation einzuschätzen sowie sich in das Wettbewerbsumfeld einzuordnen, zu wesentlich realitätsnäheren und präziseren Ergebnissen. Aus diesen Gründen wird der Schritt der Konsequenzanalyse in dieser Arbeit lediglich branchenspezifisch durchgeführt und die Störereignisanalyse sowie der Szenariotransfer nicht angewendet.

2.3.7 Störereignisanalyse

Die Störereignisanalyse verfolgt das Ziel, mögliche interne oder externe Störereignisse zu ermitteln, im Hinblick auf ihre Signifikanz zu bewerten und daraus Präventiv- und Reaktivmaßnahmen zur Vermeidung einer nicht geplanten Beeinflussung des Unternehmens abzuleiten. (s. REIBNITZ 1992, S. 59) Sie führt bei korrekter Anwendung zu einer Manifestation der Gefahren durch Störereignisse im Bewusstsein der Führungskräfte, welche an diesem Verfahren teilnehmen. So ist ein reflektiertes und – im Falle von Störereignissen – schnelles Handeln möglich. (s. REIBNITZ 1992, S. 62 f.)

Typische Präventivmaßnahmen sind eine Risikostreuung in der Kundengruppe oder andere Diversifikationen in Bezug auf den Geschäftszweck. (s. REIBNITZ 1992, S. 62 f.) Auch ist in diesem Zuge die Entwicklung unternehmensspezifischer „PR-Notprogramme“ sinnvoll (s. REIBNITZ 1992, S. 64). Die Störereignisanalyse wird in dieser Arbeit nicht durchgeführt (s. Kapitel 2.3.6).

2.3.8 Szenariotransfer

Der Szenariotransfer, welcher die Entwicklung einer Leitstrategie auf Basis der Ergebnisse der Konsequenzanalyse beinhaltet, bildet den letzten Schritt der Szenarioanalyse. Diese sollte mit den in der Aufgabenanalyse ermittelten Stärken und Schwächen des Unternehmens verglichen und verknüpft werden. Außerdem können Alternativstrategien erarbeitet und ein Umfeldbeobachtungssystem etabliert werden. (s. REIBNITZ 1992, S. 65)

Die aus der Konsequenzanalyse hervorgegangenen Maßnahmen und Aktivitäten finden nur bei Kompatibilität mit den entwickelten Szenarien Eingang in die Leitstrategie. Neben den Ergebnissen der Konsequenzanalyse sollten auch die in der Störereignisanalyse entwickelten Präventivmaßnahmen in die Leitstrategie integriert werden. (s. REIBNITZ 1992, S. 65 ff.) Nach der Überprüfung der Leitstrategie in Bezug auf ihre Konsistenz und der Rückkopplung mit den Ergebnissen der Aufgabenanalyse folgt die Etablierung eines Umfeldbeobachtungssystems. Dieses verknüpft die tatsächlich auftretenden Zukunftsprojektionen mit der Leitstrategie. (s. REIBNITZ 1992, S. 69 f.) Der Szenariotransfer wird in dieser Arbeit nicht durchgeführt (s. Kapitel 2.3.6).

2.4 Bewertung

Im Folgenden wird die Szenarioanalyse zunächst anhand von Vor- und Nachteilen der Methode bewertet. Anschließend wird die Funktion von Szenarien kurz beschrieben und auf Grundlage dieser Funktion eine abschließende Beurteilung der Eignung der Szenarioanalyse in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand der Elektromobilität vorgenommen. Schließlich wird die Art und Weise der Umsetzung des von REIBNITZ vorgeschlagenen Verfahrens zusammengefasst.

In Abgrenzung zu den in Kapitel 2.1 genannten quantitativen und qualitativen Prognosemethoden bietet die Szenarioanalyse entscheidende Vorteile. Erstens liegt der Betrachtungsbeginn in der Gegenwart, sodass aus qualitativen Expertenmeinungen von der Vergangenheit unabhängige Szenarien entwickelt werden können. Zweitens wird mit der Szenarioanalyse nicht das Ziel verfolgt, die Zukunft exakt und absolut abzubilden, sondern stattdessen alternative Szenarien zu entwickeln, die auch bei einer Abweichung vom Trend die Handlungsfähigkeit der Anwender aufrechterhalten (vgl. REIBNITZ 1992, S. 22):

„Scenarios allow for looking ,far and wide’ (longer term, system-wide).” (BARRÉ 2004, S. 1)

Die dauerhafte Handlungsfähigkeit wird durch spezielle Maßnahmen gewährleistet, welche für die unterschiedlichen entwickelten Szenarien festgelegt werden. Drittens garantiert die Alternativenbündelung die Konsistenz und Stabilität der Szenarien durch die Anwendung vernetzten Denkens anstelle von monokausalen Schlussfolgerungen (s. Kapitel 2.3.4) (vgl.

REIBNITZ 1992, S. 22). Viertens ist die Methode vielseitig einsetzbar und bietet nicht nur für Unternehmen, sondern auch für Non-Profit-Organisationen mit vordergründig qualitativen Zielen einen Mehrwert. Die Szenarioanalyse führt somit zu begründeten, gegensätzlichen, konsistenten, konkreten, realitätsnahen und (durch Handlungsempfehlungen) praxisnahen Szenarien. (vgl. KLEMPIEN 2016)

Zu den Nachteilen der Szenarioanalyse zählt erstens der hohe Aufwand, der mit den Expertenbefragungen und der Komplexitätsreduktion (s. Kapitel 2.3.4) verbunden ist. Wie beispielsweise die WYSIATI-Regel („What you see is all there is“) zeigt, führt der qualitative Ansatz der Szenarioanalyse zweitens zu Unsicherheiten. Drittens sind die Ergebnisse der Szenarioanalyse trotz zwischenzeitlicher Überführung in quantitative Daten größtenteils qualitativ und somit schwer zugänglich (vgl. KAHNEMAN 2012, S. 115). So werden z. B. keine Eintrittswahrscheinlichkeiten mit den Szenarien verknüpft. Viertens bringt die Szenarioanalyse gegebenenfalls eine große Anzahl von konsistenten Szenarien hervor. Eine Orientierung am Trendszenario und den Extremszenarien ist jedoch stets möglich. (vgl. KLEMPIEN 2016)

Szenarien erfüllen nach KOSOW U. GAßNER vier zentrale Funktionen: Erstens haben Szenarien eine Wissensfunktion bzw. explorative Funktion. Sie ermöglichen eine Systematisierung und Vertiefung der Zustände und Einflüsse des Unternehmens und forcieren eine Explikation derselben. Dabei kombinieren sie quantitatives und qualitatives Wissen zu einem besonders hohen Mehrwert:

„Scenarios are in principal powerful frameworks for using both data and model-produced output in combination with qualitative knowledge elements.“ (GREEUW 2000, S. 9)

Zweitens erfüllen Szenarien eine Kommunikationsfunktion, indem sie durch Diskussionen, welche im Rahmen der Szenarioanalyse geführt werden, zur Integration verschiedener Perspektiven und einer Vernetzung der Akteure beitragen. Drittens bildet die Zielbildung eine der wichtigsten Intentionen der Szenarioanalyse, da nicht nur die Explikation der aktuellen Situation entsprechend der Wissensfunktion, sondern auch eine Konkretisierung der Zielvorstellungen forciert wird. Viertens haben Szenarien eine Entscheidungsfindungs- und Strategiebildungsfunktion, da im Sinne des Szenariotransfers eine Hilfestellung bezüglich möglicher Handlungsoptionen und zu beobachtender Indikatoren geboten wird. Szenarien eignen sich hingegen nicht dazu, feststehende Voraussagen zu treffen, sondern bilden lediglich mögliche Projektionen in einer großen Varietät, was insofern zugleich als Stärke und Schwäche von Szenarien angesehen werden kann. Nach CARVETH READ gilt:

“It is better to be vaguely right, than to be precisely wrong.” (READ 1898, S. 351)

Auch wenn sich oft erst durch die Einflussanalyse zeigt, ob die Szenarioanalyse eine geeignete Prognosemethode für den entsprechenden Untersuchungsgegenstand ist, legt die bereits ausführlich wissenschaftlich untersuchte Komplexität des Themenfelds der Elektromobilität nahe, dieses mithilfe von Extremszenarien einzugrenzen. Die Komplexität des Marktes wird beispielsweise anhand der „Landkarte der Elektromobilität“ des Fraunhofer ISI ersichtlich (s. WIETSCHEL 2011, S. 3). Diese zeigt, dass die Entwicklung der Elektromobilität sowohl von menschlichen Entscheidungen im Bereich der Politik und Nutzerakzeptanz als auch vom Rationalismus der Rohstoffmärkte, der Energiewirtschaft und des Batteriemarktes abhängt. Deshalb erleichtert eine Verknüpfung von qualitativen und quantitativen Informationen, welche durch die Szenarioanalyse ermöglicht wird, eine ganzheitliche Erfassung des Untersuchungsgegenstands. Ferner treten im Kontext der Elektromobilität viele verschiedene Akteure in Wechselwirkung zueinander. Vernetztes Denken, wie es die Szenarioanalyse vorsieht, ist für die Analyse der Elektromobilität somit eine notwendige Voraussetzung. Aus diesen Gründen wird in dieser Arbeit die Szenarioanalyse nach REIBNITZ als methodisches Instrument zum Zweck der Entwicklung von Szenarien genutzt. Es werden jedoch ausschließlich die Schritte *Einflussanalyse*, *Zukunftsprojektionen*, *Alternativenbündelung*, *Szenariointerpretation* und *Konsequenzanalyse* durchgeführt, da nur so ein unternehmensunabhängiges Ergebnis erzielt werden kann.

Eine Einschätzung des Themenfeldes vor und eine Einordnung der Untersuchungsergebnisse nach der Durchführung der Szenarioanalyse wird durch die Untersuchung bisheriger Szenarioanalysen ermöglicht, welche sich an dieses Kapitel anschließt. Durch diese kann die Festlegung von Einflussbereichen und -faktoren gestützt und die in dieser Arbeit entwickelten Szenarien in den Kontext bisheriger Untersuchungsergebnisse eingeordnet werden, um so zur Validierung der Ergebnisse dieser Szenarioanalyse beizutragen.



3 STAND DER FORSCHUNG

Es existiert eine Vielzahl an Szenarioanalysen zum Thema Elektromobilität. In diesem Kapitel wird eine Auswahl dieser Szenarioanalysen in chronologischer Reihenfolge ihrer Veröffentlichung beschrieben. Nach der Beschreibung einer jeden Szenarioanalyse erfolgt eine Übersicht über die jeweils verwendeten Zeithorizonte, Betrachtungsschwerpunkte und Schlüsselfaktoren (s. Kapitel 3.8). Anschließend werden sämtliche identifizierten Schlüsselfaktoren tabellarisch ausgewertet und verwandte Schlüsselfaktoren zusammengefasst. Somit können abschließend die zusammengefassten Schlüsselfaktoren entsprechend der Häufigkeit ihrer Nennung sortiert und bewertet werden.

Die Untersuchung bisheriger Szenarioanalysen in diesem Kapitel erfolgt unter der Annahme, dass bis dato Szenarioanalysen keinen ausreichenden Fokus auf Dienstleistungen im Umfeld der Elektromobilität legen. Durch die Untersuchung wird die Richtigkeit dieser Annahme validiert. Außerdem werden unabhängig von Dienstleistungen weitere wichtige Schlüsselfaktoren für die Entwicklung der Elektromobilität identifiziert.

3.1 Zum E-Auto gibt es keine Alternative

Im Bericht „Zum E-Auto gibt es keine Alternative“ der Unternehmensberatung BAIN & COMPANY, veröffentlicht im Jahr 2010, werden sieben Thesen zur Entwicklung des Elektroantriebs aufgestellt. Dabei schätzen Experten die Auswirkungen bestimmter Schlüsselfaktoren auf die Entwicklung der Elektromobilität im Jahr 2020 ab. Außerdem werden die drei Szenarien „Große Veränderung“, „Basis-Szenario“ und „Kaum Veränderung“ entwickelt. (s. MATTHIES 2010, S. 3 ff.)

In der Szenario-Entwicklung werden fallende Batteriekosten, steigende Treibstoffpreise, das Erreichen der Klimaschutzziele und der CO₂-Ausstoß von Fahrzeugen als Push-Faktoren der Elektromobilität genannt. Des Weiteren finden auch die Pull-Faktoren „Image der Elektromobilität“, „Technologie“, „Umweltvorteile“ und „Fahrgefühl“ Berücksichtigung. Diese vier Faktoren führen nach Einschätzung der Autoren zu einem enormen Wachstumspotenzial der Elektromobilität und bieten somit eine große Chance für die Automobilindustrie. Dabei bezeichnen Push-Faktoren jene Faktoren, die eine Entwicklung in eine bestimmte Richtung treiben. Pull-Faktoren bezeichnen jene Faktoren, die direkt den Kundenanforderungen entspringen. (s. MATTHIES 2010, S. 4)

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Elektromobilität ist die Ladeinfrastruktur. Der Auf- und Ausbau dieser muss aber nicht zwingend mit hohen Kosten verbunden sein. In der Studie werden die sogenannten „Unabhängigen“, die „Bürolader“ und die „Laternenparker“ als drei verschiedene Nutzertypen unterschieden. Die Unabhängigen und Bürolader können auf Ladepunkte und Stromanschlüsse in ihrem Privatbesitz oder auf dem Unternehmensgelände

zurückgreifen. Sowohl in der Nacht als auch während der Arbeitszeit können Elektrofahrzeuge so bis zu acht Stunden lang dauerhaft Strom laden. Einzig die Laternenparker haben weder privat noch im Unternehmen die Möglichkeit, ihr Elektroauto zu laden (s. MATTHIES 2010, S. 11). Laut der Analyse der Experten reichen die Lademöglichkeiten zuhause und am Arbeitsplatz aus, um die täglichen Fahrzeiten des Durchschnittsbürgers zu decken. Probleme entstehen lediglich, wenn zur Bewältigung langer Fahrstrecken nachgeladen werden muss. Dazu können Schnellladestationen am regulären Tankstellennetz errichtet werden. Dies bietet sich an, da Tankstellen regulär am Starkstromnetz angeschlossen sind und somit die hohen Stromstärken zur Verfügung stellen können, die zum Schnellladen benötigt werden (s. MATTHIES 2010, S. 11).

Szenario 1: Große Veränderung

Das Szenario Große Veränderung basiert auf denselben grundlegenden Annahmen wie das Basis-Szenario. Es werden jedoch ein Ölpreis von 300 US-Dollar pro Barrel, eine Etablierung von Umweltzonen in allen Großstädten der Welt, eine dramatische Entwicklung des Klimawandels und eine Förderung der Elektromobilität mit finanziellen Mitteln im Wert von 50-100 Mrd. US-Dollar weltweit angenommen. Weitere Annahmen aus dem Basis-Szenario, wie z. B. eine CO₂-Ausstoß-Grenze von 95 g/km, bleiben für das Szenario ‚Große Veränderungen‘ bestehen. (s. MATTHIES 2010, S. 4)

Szenario 2: Basis-Szenario

Das Basis-Szenario von BAIN & COMPANY beinhaltet die Entwicklung der Elektromobilität bei gleichbleibendem technischen Fortschritt. In diesem Szenario werden für das Jahr 2020 die Annahmen getroffen, dass der Ölpreis 200 US-Dollar pro Barrel beträgt, in vielen Großstädten Umweltzonen eingerichtet werden und sich das Bewusstsein für den Klimawandel deutlich verändert. Weiterhin wird von einer weltweiten Förderung der Elektromobilität in Höhe von 10 30 Mrd. US-Dollar ausgegangen. (s. MATTHIES 2010, S. 4 f.)

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, erlassen dem Basis-Szenario nach viele Städte Gesetze und Klimaschutzregeln für ihre Innenstädte. Darunter fallen Initiativen wie kostenlose Parkplätze, die Nutzung von Taxi- und Busspuren oder die Erlassung der City-Maut für Elektrofahrzeuge. Unter Umständen ist dann auch das Befahren der Innenstadt nur noch mit elektrifizierten Antriebsarten möglich. (s. MATTHIES 2010, S. 5) Des Weiteren müssen die Hersteller durch EU-Verordnungen und staatliche Regulierungen gezwungenermaßen elektrifizierte Antriebsarten in ihr Produktportfolio aufnehmen, denn spätestens 2020 müssen alle Hersteller in Europa die CO₂-Ausstoß-Grenze von 95 g/km einhalten (s. VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE E. V. O. J.). Durch Optimierungen der Verbrennungsmotoren können zwar CO₂-Emissionen reduziert werden, doch das Erreichen der Ausstoß-Grenze wird nicht zu realisieren sein. Die Brennstoffzelle mit Wasserstoff als Treibstoff kann auch 2020 nicht die nötige Serienreife vorweisen, um als konkurrenzfähige Alternative zu gelten. (s. MATTHIES 2010, S. 15)

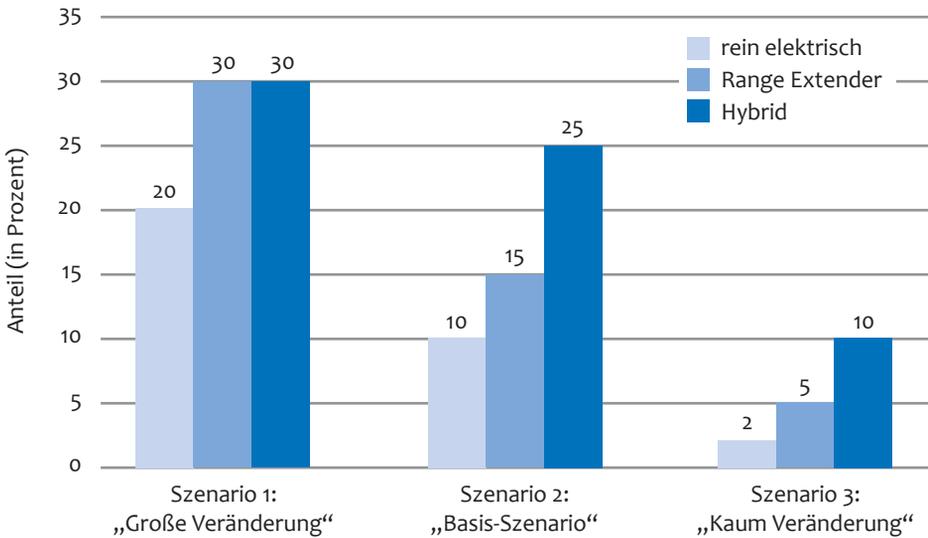
Die Einführung der Elektromobilität muss vom Staat deutlich subventioniert werden, so wie auch andere Technologien bei ihrer Einführung unterstützt worden sind. Andere Staaten fördern ihre heimische Automobilindustrie bereits stark mit dem Ziel, massentaugliche und konkurrenzfähige Elektroautos auf den Markt zu bringen. Solche massiven Investitionen sind laut Experten sinnvoll, da auch in der Vergangenheit der Staat bei neuen Systemeinführungen entscheidende Anteile an deren Implementierung hatte (s. MATTHIES 2010, S. 8). So geht in Regionen mit hohen Subventionen der Systemwechsel zur Elektromobilität schneller voran, da so oftmals Anschaffungs- und Nutzungskosten ein geringeres Hindernis darstellen und vermehrt Vorteile für die Industrie schneller auf- und ausgebaut werden können (s. MATTHIES 2010, S. 9).

Diese Maßnahmen führen dazu, dass laut dem Basis-Szenario im Jahr 2020 die Hälfte aller neu zugelassenen PKW einen Elektroantrieb haben, auch wenn die Mehrheit zusätzlich über einen Verbrennungsmotor – entweder als Zusatzaggregat in Form eines Range-Extenders oder als Voll- sowie Plug-in-Hybrid – verfügt. Zehn Prozent der neu zugelassenen Fahrzeuge werden nur durch eine Batterie angetrieben. Elektroautos haben im Hinblick auf die Umwelt ein gutes Image und sind bis zum Jahr 2020 nicht mehr teurer als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor - in der Gesamtkostenrechnung sogar deutlich günstiger. Für das Basis-Szenario wird die Reichweite von rein batteriegetriebenen Autos auf 100 bis 150 Kilometer geschätzt. (s. MATTHIES 2010, S. 4 f.) Die Aufteilung der Elektroauto-Flotte auf 10 Prozent rein elektrisch, 15 Prozent mit Range-Extender und 25 Prozent hybridbetriebener Fahrzeuge wird von BAIN & COMPANY durch die Simulation der notwendigen Maßnahmen zur Erreichung der CO₂-Ziele für das Jahr 2020 von 95 g/km bestimmt (s. MATTHIES 2010, S. 16).

Szenario 3: Kaum Veränderungen

Im Szenario ‚Kaum Veränderung‘ werden ein Ölpreis von unter 100 US\$ pro Barrel, eine Einführung von nur wenigen Umweltzonen in Großstädten, eine geringe öffentliche Wahrnehmung des Klimawandels und ausschließlich regionale Fördermittel für die Entwicklung der Elektromobilität angenommen (s. MATTHIES 2010, S. 4). Des Weiteren wird für das Jahr 2020 in diesem Szenario von einem CO₂-Flottenziel von 110 g/km ausgegangen (s. MATTHIES 2010, S. 16). Die übrigen Annahmen des Basis-Szenarios bleiben auch für dieses Szenario weiterhin bestehen.

Die von BAIN & COMPANY für die drei Szenarien bestimmten Anteile verschiedener Elektrofahrzeuge an der gesamten Anzahl von Kraftfahrzeugen sowie die äußeren Rahmenbedingungen für jedes Szenario sind in Abbildung 3.1-1 dargestellt. Es zeigt für alle Szenarien ein deutliches Wachstum der Nachfrage nach Elektrofahrzeugen. Zugleich ergeben sich große Unterschiede zwischen den Szenarien. Der Erfolg der Elektromobilität ist somit anscheinend maßgeblich von staatlichen und teilweise von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen abhängig.



Ölpreis	300 US\$ pro Barrel	200 US\$ pro Barrel	unter 100 US\$ pro Barrel
Umweltzonen	alle Großstädte weltweit	in vielen Großstädten	kaum eingeführt
Klimawandel	dramatische Entwicklung	deutliche Veränderung	in der Diskussion
Fördermittel	500 – 100 Mrd. US\$ weltweit	10 – 30 Mrd. US\$ weltweit	nur regional

Abbildung 3.1-1: Elektrische Antriebe im Jahr 2020 (MATTHIES 2010, S. 5)

Zusammenfassung

In Tabelle 3.1-1 sind die wesentlichen Aspekte der untersuchten Szenarioanalyse zusammengefasst.

Zeitraum	2010 – 2020
Szenario 1 große Veränderungen	Eine starke Förderung der Elektromobilität seitens der Politik, ein hoher Ölpreis, gesteigertes Umweltbewusstsein und gesetzliche Umweltmaßnahmen steigern den Anteil von Elektrofahrzeugen am Fahrzeugmarkt massiv. Bis zum Jahr 2020 sind 80 % aller Fahrzeuge zumindest in Form eines Hybrid-Antriebs elektrifiziert.
Szenario 2 Basis-Szenario	Durch einen leicht gestiegenen Ölpreis, Förderungen seitens der Politik, Umweltzonen in vielen Großstädten und ein erhöhtes Umweltbewusstsein können sich Fahrzeuge mit einem elektrischen Antrieb mit einem Anteil von 50 % auf dem Markt etablieren.
Szenario 3 kaum Veränderungen	Aufgrund eines niedrigen Ölpreises, nur regionaler Förderungen seitens der Politik, einer schwächeren Umsetzung von CO ₂ -Flottenzielen und einer geringen öffentlichen Wahrnehmung des Klimawandels konnten sich Fahrzeuge mit Elektroantrieb nicht auf dem Fahrzeugmarkt etablieren. Elektrofahrzeuge haben einen Anteil von 17,5 % und können sich gegen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren nicht durchsetzen.
Schlüsselfaktoren (8)	<ul style="list-style-type: none">• Ladeinfrastruktur• Antriebstechnologie• Batterietechnologie• TCO (Total Cost of Ownership)• Anschaffungskosten• Fördermittel• Umweltschutz• Energiepreise

Tabelle 3.1-1: Zusammenfassung – Zum E-Auto gibt es keine Alternative (eigene Darstellung i. A. a. MATTHIES 2010)

3.2 Begleitforschungsstudie Elektromobilität

Die Begleitforschungsstudie Elektromobilität, durchgeführt vom Fachgebiet „Regenerative Energien“ der Technischen Universität Darmstadt, wurde im Jahr 2015 abgeschlossen. In der Veröffentlichung „Potentialermittlung der Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen und den sich daraus ergebenden Vorteilen“ werden die technischen und wirtschaftlichen Potenziale für die Wechselwirkung zwischen Elektrofahrzeugen und dem deutschen Stromnetz untersucht und in drei verschiedenen Szenarien mit unterschiedlichen Ausprägungen für Deutschland im Jahr 2020 unterteilt. (s. HARTKOPF ET AL. 2010)

Die Elektromobilität kann durch neue Geschäftskonzepte entscheidend verändert werden. Verschiedene Marktteilnehmer können auf gänzlich neue Art und Weise miteinander interagieren. Jeder Elektrofahrzeugbesitzer kann zum Anbieter von Energie und damit Händler am Energiemarkt werden. Dabei basieren die angebotenen Dienstleistungen – sogenannte Vehicle-to-Grid(V2G)- oder Grid-to-Vehicle(G2V)-Konzepte – auf der Verfügbarkeit von elektrischer Energie bzw. Strom (s. HARTKOPF ET AL. 2010, S. 3). Der Ausdruck Vehicle-to-Grid wird dabei für die Einspeisung von Strom aus dem Stromnetz in die Fahrzeugbatterien von Elektrofahrzeugen bezeichnet. Der Begriff Grid-to-Vehicle meint eine umgekehrte Übertragung elektrischer Energie. Durch Kooperation mit Energieversorgern können Kapazitäten von Fahrzeugbatterien für das Stromnetz zum Beladen und Zwischenspeichern zugänglich gemacht oder der Handel mit Strom für Energieeigentümer an der Energiebörse *European Energy Exchange* (EEX) ermöglicht werden (s. HARTKOPF 2010, S. 4).

Damit ein solcher Energiehandel und Energieaustausch betrieben werden kann, spielt die Ladeinfrastruktur eine wichtige Rolle. Kurze Ladedauer und Ladezyklen haben eine große Bedeutung für die Akzeptanz der Elektromobilität durch den Nutzer (s. HARTKOPF ET AL. 2010, S. 6). Die Ladedauer variiert dabei je nach Anschlussart. Je höher die verfügbare Leistung eines Anschlusses ist, desto kürzer werden Ladevorgänge. Dabei gilt es jedoch zu beachten, dass mit höherer Ladeleistung auch die Kosten steigen (s. HARTKOPF ET AL. 2010, S. 7).

Zusätzlich hat die Ressourcenverfügbarkeit von Lithium einen wichtigen Einfluss. Durch Fortschritte in der Batterietechnologie und dem Batterierecycling können effizientere Nutzungsweisen der verfügbaren Ressourcen entwickelt werden. Einschränkungen bei der Förderung von Lithium kommen dadurch zustande, dass Lithium nicht als Reinform und nur an bestimmten Orten der Welt abbaubar ist. Zudem wird je nach Batterietechnologie von unterschiedlichen benötigten Mengen Lithium pro kWh ausgegangen, sodass nicht endgültig klar ist, wie intensiv die Auswirkungen auf die Ressourcenverfügbarkeit sind (s. HARTKOPF ET AL. 2010, S. 18). Besonders in Anbetracht steigender Rohstoffpreise werden effiziente Recyclingsysteme als bedeutsame Strategemaßnahme für eine hohe Wettbewerbsfähigkeit gesehen (s. HARTKOPF ET AL. 2010, S. 19).

Im Rahmen der Szenarioanalyse zum technischen V2G-Potenzial wurden die Szenarien ‚Geringer technischer Fortschritt‘, ‚Moderater technischer Fortschritt‘ und ‚Hoher technischer Fortschritt‘ entwickelt. Der Schwerpunkt der Szenarien liegt auf der Darstellung der Verfügbarkeit V2G-fähiger Elektrofahrzeuge innerhalb einer Woche, abhängig von der Uhrzeit. Der Anteil der für dieses Konzept verfügbaren Elektrofahrzeuge ist für jedes der drei Szenarien in Anhang A dargestellt.

Szenario 1: Geringer technischer Fortschritt

Es wird von nur geringen Fortschritten in der Entwicklung von Batteriekapazitäten und Ladeleistungen ausgegangen. Dadurch werden Elektroautos nur auf kurzen Strecken genutzt. Eine öffentliche Ladeinfrastruktur mit einem ausgeprägten Netz von Ladestationen ist nicht entstanden. Die Ladedauer ist wegen der geringen Ladeleistung groß und Elektrofahrzeuge werden hauptsächlich über Nacht geladen. Dies führt zu einer Marktdurchdringung von nur einer Million Elektrofahrzeugen (Durchdringungsgrad 2,3 Prozent). Dabei liegt der für das Konzept V2G zur Verfügung stehende Anteil an Elektrofahrzeugen minimal bei 54,4 Prozent des Gesamtbestandes. (s. Hartkopf ET AL. 2010, S. 38)

Szenario 2: Moderater technischer Fortschritt

Es wird zu bedeutenden Fortschritten und Neuerungen im Bereich der Batterietechnologie und Ladeleistung kommen. Das hat zur Folge, dass die maximal mögliche Fahrdistanz steigt und auch die fahrzeugseitige Ladeleistung ausgebaut wird. Wie in Szenario 1 werden Elektroautos hauptsächlich für kurze Strecken genutzt. Die höhere Ladeleistung kann jedoch gegebenenfalls beim Fahren längerer Strecken genutzt werden. Trotz einer ausreichenden öffentlichen Ladeinfrastruktur werden Elektroautos weiterhin hauptsächlich nachts geladen. Da auch in diesem Szenario Elektrofahrzeuge im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor relativ teuer sind und die Nutzer nur ein unzureichendes Interesse an Elektrofahrzeugen zeigen, beträgt die Marktdurchdringung drei Millionen Elektrofahrzeuge (Durchdringungsgrad 6,9 Prozent). Der Tiefstwert des Anteils der für das Konzept V2G zur Verfügung stehender Elektrofahrzeuge liegt bei 51,4 Prozent des Gesamtbestandes.

Szenario 3: Hoher technischer Fortschritt

Die Forschungen auf den Gebieten Batteriekapazität, Batterietechnologie sowie Ladeleistung erzielen dauerhaft entscheidende Neuerungen und Innovationen. Durch eine hohe fahrzeugseitige Ladeleistung und eine auf bis zu 250 km gestiegene maximal mögliche Fahrstrecke können auch große Distanzen zurückgelegt werden. Zudem können Elektroautos durch die Implementierung einer öffentlichen Infrastruktur aus Schnellladestationen in kurzer Zeit geladen werden. Deshalb werden Elektroautos oft an öffentlichen Schnellladestationen geladen, sodass die Relevanz der heimischen Ladestationen abnimmt (vgl. HARTKOPF 2010, S. 40). Die minimale Anzahl der für das Konzept V2G zur Verfügung stehenden Elektrofahrzeuge liegt bei 60,8 Prozent. Aufgrund der höheren Flexibilität durch eine größere Reichweite steigt die Akzeptanz für Elektromobilität und die Marktdurchdringung liegt bei fünf Millionen Elektrofahrzeugen (Durchdringungsgrad 11,5 Prozent). (s. HARTKOPF ET AL. 2010, S. 40)

Zusammenfassung

In Tabelle 3.2-1 sind die wesentlichen Aspekte der untersuchten Szenarioanalyse zusammengefasst.

Zeitraum	2010 – 2020
Hauptaspekt Szenario 1 geringer technischer Fortschritt	Geringe technische Fortschritte führen dazu, dass die Zahl der Elektrofahrzeuge zu gering ist, um signifikante Veränderungen der Interaktion zwischen Fahrzeugen und Stromnetz hervorzurufen. Neue Geschäftsmodelle können so kaum implementiert werden.
Hauptaspekt Szenario 2 Basis-Szenario	Signifikante technische Fortschritte und Neuerungen führen zu einer großen Anzahl zugelassener Elektrofahrzeuge (3 Millionen). Gleichzeitig verändern sich jedoch die Nutzungspräferenzen hin zu einem höheren eigenen Energieverbrauch. Dadurch verringert sich der Anteil der Elektrofahrzeuge, der für das Konzept V2G zur Verfügung steht.
Hauptaspekt Szenario 3 kaum Veränderungen	Stetig neu aufkommende Innovationen und technologische Fortschritte ermöglichen enorme Steigerungen der Reichweite bei niedrigerem Energieverbrauch. Insbesondere durch die öffentliche Schnellladeinfrastruktur ist ein schneller Austausch von Energie möglich. Die deutlich gestiegene Anzahl an Elektrofahrzeugen ermöglicht eine ausgezeichnete Ausschöpfung des wirtschaftlichen Potenzials zwischen elektrifizierten Fahrzeugen und dem Stromnetz.
Schlüsselfaktoren (8)	<ul style="list-style-type: none">• Ladeinfrastruktur• Batterietechnologie• Zugelassener Entladegrad• Fahrzeugseitige Ladeleistung• Netzseitige Ladeleistung• Aufgeladene Fahrzeuge mit Netzzugang (Anzahl)• Gesamtzahl Elektrofahrzeuge• Ressourcenverfügbarkeit

Tabelle 3.2-1: Zusammenfassung – Begleitforschungsstudie Elektromobilität (eigene Darstellung i. A. a. HARTKOPF 2010)

3.3 Verbundprojekt LOGFOR

Das Verbundprojekt LOGFOR der *Logistik-Forschung und Logistik-Ausbildung Ruhr* diente dem Thema „Analyse des Einsatzes alternativer Antriebsarten im Bereich des Straßengüterverkehrs mit Hilfe des computergestützten Programms SEN“. Es umfasst zwei Szenarioanalysen zum technologischen Stand verschiedener Antriebsarten für den Fahrzeugeinsatz in Unternehmen und im Straßengüterverkehr. Es werden dabei der aktuelle Zeitpunkt im Jahr 2011 und ein zukünftiger Zeitpunkt im Jahr 2020 betrachtet und verglichen. Die Szenarien bauen auf der Durchführung des *Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität* der Bundesrepublik Deutschland auf, dessen Ziel es ist, Deutschland als Leitanbieter und Leitmarkt der Elektromobilität zu etablieren. (s. MÜNCHOW-KÜSTER U. BOLLEN 2012, S. 34 f.)

Szenario 1: PKW 2020

Für dieses Szenario werden 13 Attribute, wie z. B. „geringe Anschaffungskosten“, „geringe Versicherungskosten“ und „umweltbewusstes Image“, mit Referenzwerten zwischen 0,0 (trifft nicht zu) und 1,0 (trifft vollständig zu) belegt und in einem neuronalen Netzwerk implementiert. Die Attribute können als Einflussfaktoren aufgefasst werden. Sie werden anhand von Literaturrecherchen und Gesprächen mit Experten ausgewählt und zur Bewertung von Diesel-, Benzin- und Elektromotoren sowie von Antrieben durch die Treibstoffe Erdgas und Flüssiggas genutzt (s. MÜNCHOW-KÜSTER U. BOLLEN 2012, S. 36).

Als Grundlage der Annahmen für das Jahr 2020 dient der *Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität* der BRD (s. MÜNCHOW-KÜSTER U. BOLLEN 2012, S. 45). Im Hinblick auf das Ziel der Bundesregierung von einer Million zugelassener Elektrofahrzeuge werden erstens, insbesondere in den Bereichen Kosten, Batterietechnologie, Ladezeit und Leistungsfähigkeit, große technologische Veränderungen forciert. Jedoch wird davon ausgegangen, dass Unternehmen im Jahr 2020 niedrige Anschaffungskosten und ein hohes Umweltbewusstsein anstreben (s. MÜNCHOW-KÜSTER U. BOLLEN 2012, S. 45). Zweitens wird im Vergleich zum Jahr 2011 eine Reduzierung der Batteriepreise und eine höhere Energiedichte bei Batterien erwartet. Dennoch wird angenommen, dass im Jahr 2020 Fahrzeuge mit Elektromotoren eine signifikant geringere Reichweite als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren besitzen (s. MÜNCHOW-KÜSTER U. BOLLEN 2012, S. 46). Drittens wird eine flächendeckende und leistungsstarke Ladeinfrastruktur als unerlässlich vorausgesetzt, damit Ladevorgänge ähnlich wenig Zeit beanspruchen wie Tankvorgänge. Hierbei sind auch die Anzahl und die Dauer der insgesamt erreichbaren Ladezyklen entscheidend. (s. MÜNCHOW-KÜSTER U. BOLLEN 2012, S. 47)

Unter diesen Annahmen wird im Rahmen des Szenarios „PKW 2020“ eine Präferenzreihenfolge für die Wahl der Fahrzeuge durch Unternehmen simuliert. Das Ergebnis dieser Simulation zeigt, dass zukünftig der Technologievorsprung der Diesel- und Erdgasfahrzeuge zu den Elektrofahrzeugen immer weiter abnehmen wird, sodass Elektroautos konkurrenzfähiger

werden. Allerdings wird im Jahr 2020 die Dieseltechnologie – mit geringem Vorsprung zum elektrischen Antrieb – die beliebteste Antriebsart darstellen. Auf dem dritten Rang der Präferenzreihenfolge befindet sich der Erdgasantrieb. (s. MÜNCHOW-KÜSTER U. BOLLEN 2012, S. 49) Weiterhin hat die Hybridtechnologie das Potenzial, bei der Transformation zur Elektromobilität als Übergangslösung zu fungieren. Durch die ständige Verfügbarkeit und minimierte Reichweitenproblematik, beruhend auf der Kombination von Elektro- und Verbrennungsmotor, bieten Hybridfahrzeuge eine attraktive Option für ökologisch orientierte Unternehmer – z. B. im Bereich des Güterverkehrs. (s. MÜNCHOW-KÜSTER U. BOLLEN 2012, S. 53)

Szenario 2: Kastenwagen bis 3,5t 2020

Für das Szenario „Kastenwagen bis 3,5t 2020“ wird dasselbe Vorgehen wie für das Szenario „PKW 2020“ zur Bestimmung einer Präferenzreihenfolge gewählt. Allerdings wird die Erfüllung der Attribute „umweltbewusstes Image“ und „geringe Versicherungskosten“ für Kastenwagen (kastenförmige Lieferwagen) im Vergleich zum PKW höher eingeschätzt. Der Referenzwert des Attributs „geringe Treibstoffkosten“ wird für Kastenwagen hingegen niedriger gewählt. Durch die Änderung dieser Referenzwerte ergibt sich für die Präferenzreihenfolge für Unternehmen bei der Auswahl von Kastenwagen der Elektroantrieb als beliebtestes Konzept. Auf dem zweiten Rang befindet sich der Dieselantrieb, gefolgt vom Erdgassystem auf dem dritten Rang. (s. MÜNCHOW-KÜSTER U. BOLLEN 2012, S. 51ff)

Zusammenfassung

In Tabelle 3.3-1 sind die wesentlichen Aspekte der untersuchten Szenarioanalyse zusammengefasst.

Zeitraum	2011 – 2020
Szenario 1 PKW 2020	In diesem Szenario werden vorwiegend Einflussfaktoren betrachtet, die sich direkt auf das Fahrzeug oder seinen Nutzer beziehen. Anhand jener soll über die Software SEN ermittelt werden, wie sich Änderungen der Ausprägungen der Attribute auf den Erfolg der Elektromobilität auswirken. Besonders der technologische Fortschritt und die damit verbundene Kostenreduzierung werden dabei berücksichtigt. Im Jahr 2020 können elektrifizierte Antriebsarten nach diesem Szenario mit herkömmlichen Antriebsarten konkurrieren, haben Dieselantriebe in Bezug auf den Grad der Beliebtheit aber noch nicht überholt.
Szenario 2 Kastenwagen bis 3,5t 2020	Dieses Szenario basiert auf denselben Annahmen wie PKW 2020, jedoch werden die Attribute „umweltbewusstes Image“, „geringe Versicherungskosten“ und „geringe Treibstoffkosten“ für den Kastenwagen anders als für den PKW bewertet. Unter Berücksichtigung des technologischen Fortschritts und der damit verbundenen Kostenreduzierung ergibt sich aus der Simulation der Elektroantrieb als das präferierte Antriebssystem für den kommerziellen Einsatz von Kastenwagen.
Schlüsselfaktoren (13)	<ul style="list-style-type: none"> • Ladeinfrastruktur • Antriebstechnologie • Mobilitätspräferenzen • TCO • Förderung seitens Politik • Umweltschutz • Energiepreise • Wertewandel/Lebensstil • Mobilitätsangebot • Mobilitätsdienstleistung • Anschaffungskosten • Versicherungskosten • Instandhaltungs-/Wartungskosten

*Tabelle 3.3-1: Zusammenfassung – Szenario 2020 LOGFOR
(eigene Darstellung i. A. a. MÜNCHOW-KÜSTER U. BOLLEN 2012)*

3.4 E-Mobility 2025

Die Studie „E-Mobility 2025 – Szenarien für die Region Berlin“, durchgeführt vom Institut für Land- und Seeverkehr der Technischen Universität Berlin in Zusammenarbeit mit der Z_punkt GmbH, wurde 2011 abgeschlossen. Sie beinhaltet drei grundlegende Szenarien der Elektromobilität in der Region Berlin mit Ausblick auf das Jahr 2025. Die drei entwickelten Szenarien lauten „IT-Car-Elektromobilität“, „E-Mikromobilität“ und „Katalysator Wirtschaftsverkehr“. (s. AHREND 2011)

Szenario 1: IT-Car-Elektromobilität

Das Szenario „IT-Car-Elektromobilität“ behandelt die Elektromobilität als Randerscheinung, die lediglich in der gehobenen Mittel- und Oberschicht auf Nachfrage stößt. Elektrofahrzeuge bieten noch keinen Kostenvorteil und gelten als Statussymbol im Premiumsegment für etwaige Technikpioniere (s. AHREND 2011, S. 10). Zu den wichtigsten Prämissen dieses Szenarios zählen geringe Fortschritte in der Batterieforschung, die Optimierung des Verbrennungsmotors, eine Stagnation der staatlichen Förderung der Elektromobilität, ausbleibender grundsätzlicher Wandel im Verkehrsverhalten der Nutzer und eine große TCO-Lücke zwischen Elektro- und Verbrennungsmotor. Daraus folgen hohe Kosten für Batterieleistung, die sich ausschließlich durch eine hohe innerstädtische Fahrleistung, konstante Strompreise und geringe Wartungskosten amortisieren lassen (s. AHREND 2011, S. 10). Die Technologie des Verbrennungsmotors ist durch Leichtbau und verbesserte Wirkungsgrade so weit entwickelt, dass die beschlossenen CO₂-Grenzwerte der EU im Klima- und Energiepaket „20-20-20 by 2020“ eingehalten werden können (s. AHREND 2011, S. 13). Die TCO-Lücke zwischen den elektrischen und verbrennungsbasierten Antriebsarten (s. Abbildung 3.4-1) basiert auf der Unterentwicklung der Batterie sowie der Optimierung des Verbrennungsmotors und ist daher noch nicht zu schließen.

Eine flächendeckende Ladeinfrastruktur ist laut des Szenarios auch im Jahr 2025 nicht existent, daher laden die meisten Besitzer von Elektrofahrzeugen diese an der heimischen Steckdose. Einige Energieversorger haben jedoch Vehicle-to-Grid-Verträge geschlossen, sodass die Fahrzeuge auch als Zwischenspeicher für Energie genutzt werden (s. AHREND 2011, S. 11). Vehicle-to-Grid-Verträge beziehen sich auf Leistungen zwischen dem Fahrzeug und dem Stromnetz. Sie basieren auf dem Smart Grid und ermöglichen den Besitzern von Elektrofahrzeugen, Energie in Form von Strom jederzeit am Markt zu verkaufen oder zu laden. Dabei werden verschiedene Tarife angeboten, die sich je nach Energieverfügbarkeit und Belastung im Stromnetz richten. Neben den regionalen Energieversorgern treten also auch Elektroautobesitzer als Akteure auf dem Energiemarkt auf (s. KAISER ET AL. 2011, S. 31ff.). Dies soll jedoch nur ein Vorgriff sein, um die zukünftigen Anforderungen an Stromnetze, Batterien und Geschäftsmodelle zu identifizieren (s. AHREND 2011, S. 11). Zudem sind staatliche Förderungen und Subventionen mittels des „Gießkannenprinzips“ auf diverse Pilotprojekte und die Ladeinfrastruktur aufgeteilt worden und haben kaum eine Wirkung entfaltet (s. AHREND 2011, S. 14).

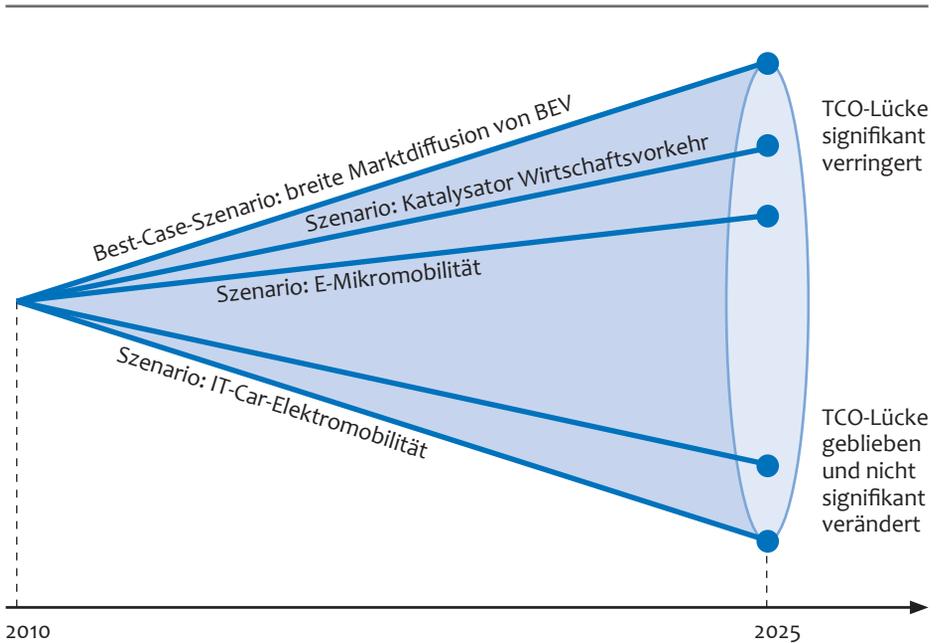


Abbildung 3.4-1: Zukunftstrichter ,TCO-Lücke der Szenarien' (AHREND 2011)

Szenario 2: E-Mikromobilität

Im Szenario „E-Mikromobilität“ setzt sich die Elektromobilität durch. Dies geschieht jedoch nicht durch einen bloßen Austausch des Verbrennungsmotors durch den Elektromotor, sondern durch eine grundlegende Veränderung des Verkehrsverhaltens. Durch eine hervorragende IT-Vernetzung sind Kleinst- und Kleinfahrzeuge im Individualverkehr unerlässlich geworden. Die wichtigsten Prämissen sind ein rascher Fortschritt der Batterietechnologie, veränderte Mobilitätspräferenzen, eine integrierte und systematische Förderung der Elektromobilität und eine signifikante Verringerung der TCO-Lücke zwischen Verbrennungs- und Elektromotor (s. AHREND 2011, S. 18).

Im gesamten Stadtbild treten kleine Elektrofahrzeuge wie Pedelecs, E-Bikes, E-Scooter und Elektro-PKW auf. Zudem hat sich das Straßenbild stark verändert. Wenn es sich anbietet, sind die rechten Fahrspuren nun Bussen, Taxis und CO₂-neutralen Fahrzeugen zur Nutzung vorbehalten. Zusätzlich hat sich eine flächendeckende Ladeinfrastruktur gebildet, die europaweit standardisiertes Parken und Laden von Strom an S-Bahnhöfen, Lebensmittelgeschäften und öffentlichen Parkplätzen ermöglicht (s. AHREND 2011, S. 19).

Unterstützend dazu tragen Mobilitätskarten, Smartphone-Applikationen und ähnliche Dienstleistungen zur positiven Entwicklung der Elektromobilität bei. Diese ermöglichen beispielsweise den Zugang zu Carsharing- und Leasing-Angeboten für Elektrofahrzeuge (s. AHREND 2011, S. 20). Inter- und Multimodalität finden – ermöglicht durch eine Vielfalt von Mobilitätsdienstleistungen und ein verändertes Mobilitätsverhalten der Nutzer – flächendeckende Verbreitung (s. AHREND 2011, S. 18). Multimodalität bezeichnet dabei die grundsätzliche Option des Nutzers, zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln zu wählen. Intermodalität ergänzt diese Möglichkeit durch die Option des Wechsels zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln (s. GERIKE 2011).

Darüber hinaus integrieren wichtige Elektromobilitätsanbieter, wie z. B. die Deutsche Bahn oder große Carsharing-Anbieter, ihre Flotten intelligent in das Stromnetz, indem sie die Fahrzeuge für Vehicle-to-Grid-Konzepte nutzbar machen (s. AHREND 2011, S. 20). Trotz dieser Veränderungen dominieren noch immer die konventionellen Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotor den Markt. Die Elektromobilität ist noch immer ein Experimentierfeld für Start-ups und innovationsfreudige, größere Unternehmen (s. AHREND 2011, S. 20f.).

Szenario 3: Katalysator Wirtschaftsverkehr

Das Szenario „Katalysator Wirtschaftsverkehr“ befasst sich mit der Bedeutungssteigerung der Elektromobilität durch den Wirtschaftsverkehr. Dabei wächst der Anteil der Elektrofahrzeuge zunächst durch die starke Integration derselben in den Fuhrpark des Staates und durch eine Förderung der Nachfrage der öffentlichen Hand. Der Staat schafft eine kritische Masse, indem er selbst als zentraler Abnehmer von Elektrofahrzeugen in Erscheinung tritt und so Subventionen sowie Steuerbegünstigungen weitestgehend obsolet werden lässt (s. AHREND 2011, S. 31). Basierend auf dieser kritischen Masse gelingt dem Elektrofahrzeug auch bei privaten Nutzern der Durchbruch.

Ein wichtiger Aspekt ist die Zurückdrängung des schweren Güterverkehrs mittels der Stadtentwicklungspolitik. Große und mit hohem CO₂-Ausstoß behaftete Lastkraftwagen und Transporter werden aus dem Stadtbild entfernt (s. AHREND 2011, S. 26). Ziel der Politik ist es, Städte emissionsärmer und umweltfreundlicher zu gestalten.

Die wichtigsten Prämissen des Szenarios sind ein rascher Fortschritt der Batterietechnologie, die Schaffung von Nachfrage durch den Staat, gezielte Angebots- und Nachfrageförderung, eine signifikante Verringerung der TCO-Lücke zwischen Verbrennungs- und Elektromotor sowie eine nachhaltige Innenstadtentwicklung (s. AHREND 2011, S. 26).

Auffällig ist die Vielzahl verschiedener Elektrofahrzeugtypen, die laut dem Szenario im Jahr 2025 zur Beförderung von Menschen und Waren dienen. Dadurch hat sich nicht nur das Stadtbild stark gewandelt, sondern auch der dazugehörige Verkehrsraum und das Verkehrsverhalten. Besonders im Wirtschaftsverkehr wurden entscheidende Modifizierungen vorgenommen.

So werden in sogenannten Güterverkehrszentren die Güter routen- und mengenorientiert verteilt und mit Elektrotransportern, Brennstoffzellen-LKW oder Gütertransportern mit Hybridantrieb weitertransportiert (s. AHREND 2011, S. 28). Zudem wurden Tempo-30-Zonen, Zero-Emission-Plaketten, öffentliche Ladestationen und Vorrangspuren für emissionsfreie Klein- und Kleinstfahrzeuge geschaffen (s. AHREND 2011, S. 28).

Auch demographische Effekte finden Berücksichtigung im Verkehrsverhalten. Immer mehr Bürger beziehen Waren vorzugsweise online, was zu einer Ausweitung des Onlinehandels führt. Die einzelne Belieferung aller Haushalte, in Berlin mehrheitlich Ein-Personen-Haushalte, ist eine logistische Herausforderung und führt zu einem hohen Verkehrsaufkommen (s. AHREND 2011, S. 41). Deshalb wurde für die sogenannte „letzte Meile“ ein dichtes Netz von Quartiersanlieferboxen geschaffen, welches für die Empfänger leicht zugänglich ist. (s. AHREND 2011, S. 28). So wird zusätzlicher Verkehr vermieden.

Bedingt durch Preisreduzierungen bei Batterien, mehr aber noch durch hohe Kraftstoffpreise, ist der Kostenvorteil von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor gegenüber batterieelektrischen Fahrzeugen zwar erheblich gesunken, aber noch nicht vollständig verschwunden (s. AHREND 2011, S. 29f.). Durch zusätzliche Programme des Staates, wie zum Beispiel den Maut-Erlass, eine Befreiung von der Kfz-Steuer und verbesserte Abschreibungsmöglichkeiten für Elektrofahrzeuge, soll diese Lücke jedoch geschlossen werden.

Außerdem bieten führende Automobilhersteller eine Vielzahl von Leasing-Modellen für Batterien an (s. AHREND 2011, S. 30). So soll der Nutzer die hohen Batteriekosten leichter finanzieren können und regelmäßig von technologischen Neuerungen im Bereich der Batterietechnologie profitieren. Eine große Anzahl der Elektrofahrzeuge ist an Vehicle-to-Grid-Konzepten beteiligt, sodass in Kooperation mit den Energieversorgern, abhängig von der Netzbeanspruchung, die Fahrzeugbatterie als Zwischenspeicher für Verbrauchsspitzen im Stromnetz genutzt wird (s. AHREND 2011, S. 29). Die Elektromobilität stellt in diesem Szenario eine ernstzunehmende Alternative auf dem Mobilitätsmarkt dar und kann mit herkömmlichen Antriebskonzepten mühelos konkurrieren.

Zusammenfassung

In Tabelle 3.4-1 sind die wesentlichen Aspekte der untersuchten Szenarioanalyse zusammengefasst.

Zeitraum	2011 – 2025
Szenario 1 IT-Car-Elektromobilität	Elektrofahrzeuge bleiben ein Nischenprodukt, welches sich auf das Premiumsegment bezieht. Elektroautos sind Statussymbole und sprechen hauptsächlich Technikpioniere an. Im urbanen Raum spielt Elektromobilität eine untergeordnete Rolle. Bisher stellen Elektrofahrzeuge und Elektromobilität nur eine mögliche automobilen Zukunft dar.
Szenario 2 E-Mikromobilität	Grundlegende Veränderungen des Verkehrsverhaltens und neue Mobilitätsdienstleistungen verhelfen der Elektromobilität zum Durchbruch. Besonders im urbanen Raum spielen kleine Elektrofahrzeuge eine große Rolle. Durch eine ausgeprägte Vernetzung von Verkehrsträgern und -mitteln entsteht die Elektromobilität auf Basis von Multi- und Intermodalität. Vereinzelt werden Elektrofahrzeuge im Smart Grid integriert und damit der Austausch von Energie zwischen Fahrzeugen und dem Stromnetz forciert.
Szenario 3 Katalysator Wirtschaftsverkehr	Im Zuge der Förderung von Angebot und Nachfrage durch den Staat setzt sich die Elektromobilität in diesem Szenario über den Wirtschaftsverkehr durch. Verstärkter Umweltschutz und eine veränderte Infrastruktur in den Städten verdrängen den schweren Güterverkehr nach und nach aus dem Stadtbild. Durch eine große Vielfalt elektrifizierter Fahrzeuge setzt sich die Elektromobilität auch im Individualverkehr durch.
Schlüsselfaktoren (15)	<ul style="list-style-type: none"> • Ladeinfrastruktur (nur in Szenario 2 und 3) • Antriebstechnologie • Batterietechnologie • Wirtschafts-/Güterverkehr (nur in Szenario 2 und 3) • Personenverkehr (nur in Szenario 2 und 3) • Stadtentwicklung • TCO-Lücke • Einkommensentwicklung • Mobilitätspräferenzen (nur in Szenario 3) • Architektur der Wertschöpfungskette (nur in Szenario 1 und 2) • Förderung seitens Politik (nur in Szenario 2 und 3) • Umweltschutz/-regulierung (nur in Szenario 2 und 3) • Standardisierung • Mobilitätsangebot • Mobilitätsdienstleistungen (nur in Szenario 2 und 3)

Tabelle 3.4-1: Zusammenfassung – E-Mobility 2025 (eigene Darstellung i. A. a. AHREND 2011)

3.5 Der PKW-Markt bis 2040

Die Szenarioanalyse „Der PKW-Markt bis 2040: Was das Auto von morgen antreibt“, durchgeführt im Auftrag des Mineralölwirtschaftsverbandes und veröffentlicht im Jahr 2013 vom Institut für Fahrzeugkonzepte des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), umfasst ein Basisszenario und ein Alternativszenario. Zentraler Bestandteil der Szenarioanalyse ist die Kaufentscheidung des Kunden, mittels derer das Modell VECTOR21 des DLR die zukünftige Marktentwicklung ermittelt. Dazu simuliert das Modell die Konkurrenzsituation zwischen verschiedenen Antriebskonzepten, indem es diese den Kundenanforderungen gegenüberstellt und die jeweiligen Lebenszykluskosten analysiert. (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 11) Ausgangspunkt der entwickelten Szenarien sind die voraussichtlichen CO₂-Vorgaben entsprechend der erwarteten Grenzwertpolitik in den Jahren 2020, 2030 und 2040. Für die Alternativszenarien „Ölpreis“, „Erdgas“ und „Wasserstoff“ werden außerdem Abweichungen bestimmter anderer Determinanten der Entwicklung angenommen (s. Tabelle 3.5-1).

Szenarien	Basis	CO ₂ -Regulierung 70 g/km	CO ₂ -Regulierung 95 g/km	Ölpreis	Erdgas	Wasserstoff
CO₂-Regulierung						
Grenzwert 2040: 45 g/km	X			X	X	X
Grenzwert 2040: 70 g/km		X				
Grenzwert 2040: 95 g/km			X			
Ölpreis						
2040: 89 €/Barrel	X	X	X		X	X
2040: 104 €/Barrel				X		
Rahmenbedingungen für Erdgasfahrzeuge						
auslaufender Steuervorteil	X	X	X	X		X
verlängerter Steuervorteil, progressiver Netzausbau					X	
Verfügbarkeit von Wasserstofftankstellen						
moderater Netzausbau	X	X	X	X	X	
zu jeder Zeit gegeben						X

Tabelle 3.5-1: Unterschiede der Szenarien aus „Der PKW-Markt bis 2040“ (BROKATE ET. AL 2013, S. 26)

Szenario 1: Basisszenario

Im Jahr 2020 darf der Wert für den CO₂-Ausstoß die Grenze von 95 g CO₂/km nicht überschreiten (s. EUROPÄISCHE UNION 2009, S. 10). Im Basisszenario wird angenommen, dass der Grenzwert im Jahr 2030 auf 70 g CO₂/km und 2040 45 g CO₂/km gesenkt wird (s. Tabelle 3.5 1) (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 25). Die CO₂-Ziele forcieren laut dem Szenario eine große Vielfalt von angebotenen Fahrzeugmodellen. Konventionelle Fahrzeuge werden durch hocheffiziente, fortschrittliche Maßnahmen weiterentwickelt und elektrisch angetriebene Fahrzeuge erreichen substantielle Marktanteile. Besonders weit verbreitet sind Hybridvarianten, sodass im Jahr 2040 noch immer der Großteil der Neufahrzeuge einen Verbrennungsmotor besitzt. Rein batteriebetriebene Fahrzeuge stellen zu diesem Zeitpunkt – aufgrund zu hoher Kosten und einer zu geringen Reichweite – Nischenprodukte dar (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 27). Zur Förderung elektrifizierter Antriebsarten trägt auch die Bedeutungslosigkeit der Energieträger Wasserstoff und Erdgas bei (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 30).

Nutzer von Benzin- und Dieselfahrzeugen wechseln gemäß dem Szenario zwar früher oder später zu elektrifizierten Antriebskonzepten, jedoch fallen im betrachteten Zeitraum die Mobilitätskosten für elektrifizierte Antriebsarten nicht unter die Mobilitätskosten der Verbrennerfahrzeuge aus dem Jahr 2010 (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 34 f.). Bis zum Jahr 2040 nähern sich jedoch die Mobilitätskosten denen der konventionellen Antriebsarten an (vgl. BROKATE ET. AL 2013, S. 33 ff.).

Im Szenario sinkt der summierte Endenergieverbrauch (EEV) aller Fahrzeuge im Zeitraum von 2010 bis 2040 durch ausgeprägte Effizienzverbesserungen bei herkömmlichen Antriebsarten. Ein signifikanter Anteil des Stroms am Endenergieverbrauch deutscher Kraftfahrzeuge ist erst nach 2030 zu beobachten. Die gesamten technologischen Neuerungen und Einsparungen beim EEV haben einen erheblichen Einfluss auf die Steuereinnahmen des Staates. Bei gleichbleibenden Steuersätzen halbiert sich im Zeitraum von 2010 bis 2040 das gesamte Einkommen des Staates aus der Energie- und Mehrwertsteuer. (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 32)

Diese Resultate führen insgesamt dazu, dass der Anteil der neuzugelassenen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor kontinuierlich sinkt und der Anteil der batteriebetriebenen Fahrzeuge (BEV), Plug-in-Hybriden (PHEV) und Elektrofahrzeugen mit Range-Extender (REEV) stark ansteigt. Schlussendlich dominieren im Jahr 2040 die rein batterieelektrischen Antriebsarten den Fahrzeugbestand mit rund 15 Millionen Fahrzeugen, während auf konventionelle Antriebskonzepte 13 Millionen und auf Hybridantriebe 12 Millionen Fahrzeuge entfallen (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 29).

Szenario 2: Alternativszenario

Es werden die fünf Alternativszenarien „CO₂-Regulierung 70 g/km“, „CO₂-Regulierung 95 g/km“, „Ölpreis“, „Erdgas“ und „Wasserstoff“ entwickelt. Alle fünf Szenario-Alternativen werden hier gemeinsam beschrieben.

Nach den beiden Szenarien zur CO₂-Regulierung wird die Lockerung der CO₂-Grenzwerte dazu führen, dass konventionelle Antriebe länger hohe Marktanteile halten können und elektrifizierte Antriebstechnologien erst später in den Markt eintreten. Die beliebteste Antriebsart wird deshalb bis zum Jahr 2040 der Verbrennungsmotor sein. (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 36)

Ausgehend vom „*Current Policies Scenario*“ der Internationalen Energieagentur, welches von gleichbleibenden politischen Einflüssen auf den Ölpreis ausgeht, liegt dieser laut dem Szenario „Ölpreis“ im Jahr 2040 um 18 Prozent höher als der Ölpreis im Basisszenario (s. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY 2012, S. 5; s. BROKATE ET. AL 2013, S. 40). Durch den höheren Ölpreis steigt die Anzahl der batteriebetriebenen Fahrzeuge (BEV), der Fahrzeuge mit Range-Extender (REEV) und der Dieselhybride im Jahr 2040 im Vergleich zum Basisszenario deutlich (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 40f.).

Eine Förderung des Energieträgers Erdgas hat trotz einer verlängerten Steuerbegünstigung und eines Netzausbaus auf 7.000 Erdgastankstellen keinen nennenswerten Einfluss auf die Situation im Jahr 2040. Lediglich 2030 ist ein größerer Marktanteil erkennbar, welcher sich aber langfristig nicht behaupten kann und bis 2040 wieder einbricht.

Im Szenario „Wasserstoff“ wird vorausgesetzt, dass die Tankstelleninfrastruktur die Kaufentscheidung der Nutzer nicht negativ beeinflusst. Daher wird im Vergleich zum Basisszenario ein höherer Marktanteil der Wasserstoffantriebstechnologie eingenommen und die kumulierte Anzahl von elektrifizierten Antriebsarten nimmt leicht ab. (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 42)

Zusammenfassung

In Tabelle 3,5-2 sind die wesentlichen Aspekte der untersuchten Szenarioanalyse zusammengefasst.

Zeitraum	2013 – 2040
Hauptaspekt Szenario 1 Basisszenario	Durch strenge Regulierungen, basierend auf Klimaschutzzielen und Umweltschutzgesetzen seitens der Politik, wächst der Anteil elektrifizierter Fahrzeuge. Kostenvorteile und Weiterentwicklungen in Bezug auf alle Antriebstechnologien führen dazu, dass hauptsächlich Hybrid-Fahrzeuge in den Markt eintreten und Verbrennungsmotoren auch in Zukunft noch eine wichtige Rolle spielen.
Hauptaspekt Szenario 2 Alternativszenario	In diesem Szenario werden alternative Entwicklungen für den PKW-Markt behandelt. Je nach Einfluss eines Faktors verzögert sich die Marktdurchdringung elektrifizierter Antriebe und auch die Anteile der jeweiligen anderen Antriebstechnologien auf dem PKW-Markt ändern sich. Die Veränderungen werden jeweils in der Fahrzeugneuzulassungsstatistik bezüglich der verschiedenen Antriebskonzepte in einer Periode von zehn Jahren dargestellt.
Schlüsselfaktoren (9)	<ul style="list-style-type: none"> • Ladeinfrastruktur (nur in Szenario 2) • Antriebstechnologie (nur in Szenario 1) • Personenverkehr (nur in Szenario 1) • TCO-Lücke (nur in Szenario 1) • Förderung seitens Politik (nur in Szenario 2) • Umweltschutz • Energiepreise • Ressourcenverfügbarkeit (nur in Szenario 2) • Anschaffungskosten (nur in Szenario 1)

Tabelle 3.5-2: Zusammenfassung – PKW-Markt bis 2040
(eigene Darstellung i. A. a. BROKATE ET. AL 2013)

3.6 eMobil 2050

Der Bericht „eMobil 2050 – Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz“, erstellt vom Institut für angewandte Ökologie (Öko-Institut e. V.), wurde im Jahr 2014 veröffentlicht. Untersucht wurde die Interaktion zwischen Verkehrssektor und Energiewirtschaft anhand zweier Szenarien, welche jeweils eine positive Entwicklung der Elektromobilität bis 2050 voraussetzen. Diese Szenarien mit den Bezeichnungen „Grenzenlos eMobil“ und „Regional eMobil“ wurden mithilfe von Experten im Rahmen von drei Workshops entwickelt.

Die Rahmenbedingungen im Jahr 2050 gestalten sich wie folgt: In beiden Szenarien reduziert sich die in Deutschland lebende Bevölkerung auf rund 74 Millionen Menschen. Gleichzeitig altert die Gesellschaft. Der Anteil der über 65-Jährigen steigt von 21,5 Prozent (2014) auf 29 Prozent (2050) an. Außerdem wird der Alltag immer stärker durch Informations- und Kommunikationstechnologien bestimmt. Die dauerhafte Verfügbarkeit von Echtzeitinformationen über das Verkehrsgeschehen erleichtert die Inter- bzw. Intramodalität im Personenverkehr. Klimaschutz wird zu einem weltweit verbindlichen politischen Ziel und alle Staaten stimmen konkreten Grenzwertziel-setzungen zu Treibhausgasemissionen zu. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 56)

Szenario 1: Grenzenlos eMobil

Das Szenario „Grenzenlos eMobil“ geht von einem Wachstum der Verkehrsnachfrage aus (s. HACKER 2014, S. 14). In diesem Szenario setzt sich der Trend zur Globalisierung fort und beeinflusst alle Bereiche des Lebens. Aus politischer Perspektive gewinnen multinationale Abkommen und internationale Beziehungen massiv an Bedeutung. Ökonomisch betrachtet werden Entwicklung, Produktion und Endfertigung zunehmend entkoppelt und die Transportleistungen in Bezug auf leichte und hochwertige Güter nehmen zu. Gleichzeitig forcieren Regulierungen im Kontext der Klimaschutzziele und die an der Innovationskraft der Unternehmen orientierte Kreditvergabe durch Banken eine Elektrifizierung des Personen- und Güterverkehrs. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 56)

Das Konzept der Vollzeitarbeit bleibt bestehen, jedoch wird Büroarbeit für ein bis zwei Tage in der Woche durch Telearbeit substituiert. Dies wird durch einen zunehmend digitalen Lebensstil und eine wachsende Geschwindigkeit der Informationsübertragung ermöglicht. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 57)

Die autonome Fortbewegung hat sich bis zum Jahr 2050 durchgesetzt. Nutzer können ein Fahrzeug an ihren jeweiligen Standort „rufen“ und Automobilität ist kaum noch vom Besitz eines Führerscheins abhängig. Die Bildung von Fahrzeugzügen erhöht die Kapazität der Autobahnen und führt zu einer geringeren Anzahl von Staus trotz höherem Verkehrsaufkommen und zunehmenden Weglängen. Außerdem werden durch autonomes Fahren Reisezeiten nutzbar, sodass das Mobilitätszeitbudget der Nutzer ansteigt. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 57) Trotz der sich andeutenden Entindividualisierung der Mobilität spielt – im Zusammenhang mit dem Konsumverhalten der

Nutzer – auch der Spaß an der Mobilität eine bedeutsame Rolle. Deshalb ist der Besitz eines eigenen PKWs in vielen Bevölkerungsschichten weiterhin populär. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 57)

Der Trend zur Urbanisierung setzt sich bis zum Jahr 2050 fort. Im Sinne des Klimaschutzes werden ab 2030 in den Innenstädten emissionsfreie Zonen eingerichtet. Die individuelle Mobilität wird durch den Besitz elektrischer oder teilelektrischer Fahrzeuge sowie Carsharing-Angebote ermöglicht. Für Ausflüge oder Urlaubsfahrten sind vor allem Plug-in-Hybride geeignet, die auch zur Miete angeboten werden. Auch in ländlichen Räumen, deren Bevölkerung im Allgemeinen abnimmt, erscheint der Plug-in-Hybrid aufgrund einer größeren Reichweite für viele Bewohner attraktiver als beispielsweise batterieelektrische Microcars. Anstelle des öffentlichen Nahverkehrs treten autonom fahrende PKW, welche an Mobilitätszentren bereitgestellt werden. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 57 f.)

Das Autobahnkernnetz ist mit Oberleitungen ausgestattet, welche von Lastkraftwagen des Güterfernverkehrs und Fernbussen genutzt werden. Dies führt sowohl beim Personen- als auch beim Güterverkehr zu einem höheren Maß an Flexibilität und Zuverlässigkeit, da z. B. bei Extremwetterereignissen ein Transfer zwischen Schienen- und Straßenverkehr stattfinden kann. Aufgrund der hohen Investitionen, welche für die Errichtung und den Erhalt von Oberleitungen erforderlich sind, werden Straßenbenutzungsgebühren erhoben. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 58)

Die PKW-Neuzulassungen teilen sich auf verschiedene Antriebstechnologien auf. Im Jahr 2020 entfallen 39 Prozent der Neuzulassungen auf Diesel- und 52 Prozent auf Benzinfahrzeuge. Der Verbrennungsmotor dominiert den Markt. Im weiteren Verlauf steigt der Anteil von PHEV/REEV deutlich an, ab 2030 nimmt jedoch vor allem der Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV) zu. Im Jahr 2050 liegt der Anteil der BEV mit einer Reichweite von mindestens 300 bei 36 Prozent. BEV mit einer Reichweite von mindestens 150 km machen 38 Prozent der Neuzulassungen aus. Auf Elektrofahrzeuge mit Range Extender (REEV) und Plug-in-Hybride (PHEV) entfallen 17 Prozent bzw. 6 Prozent der Neuzulassungen. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 70 f.)

Szenario 2: Regional eMobil

Das Szenario „Regional eMobil“ geht von starken Veränderungen im Verkehrsverhalten aus, welche zu einer Verringerung der Verkehrsleistung führen. Die Gesellschaft ist durch einen Werte- und Strukturwandel geprägt. Viele Bedürfnisse können im unmittelbaren räumlichen Umfeld befriedigt werden und es kommt zu einer lokalen Konzentration sowie einer Entschleunigung der individuellen Mobilität. Auch die Güterverkehrsleistung geht – vor allem aufgrund der Konzentration auf regionale Märkte – zurück. Der Grundsatz „Nutzen statt besitzen“ gewinnt in der Gesellschaft zunehmend an Bedeutung. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 60)

Der Alltag der Verbraucher ist durch Mietnutzung, Tauschbörsen, Recycling und Wiederverwendung geprägt. Der Klimaschutz ist elementarer Bestandteil des Wertegerühls und nicht bloß durch

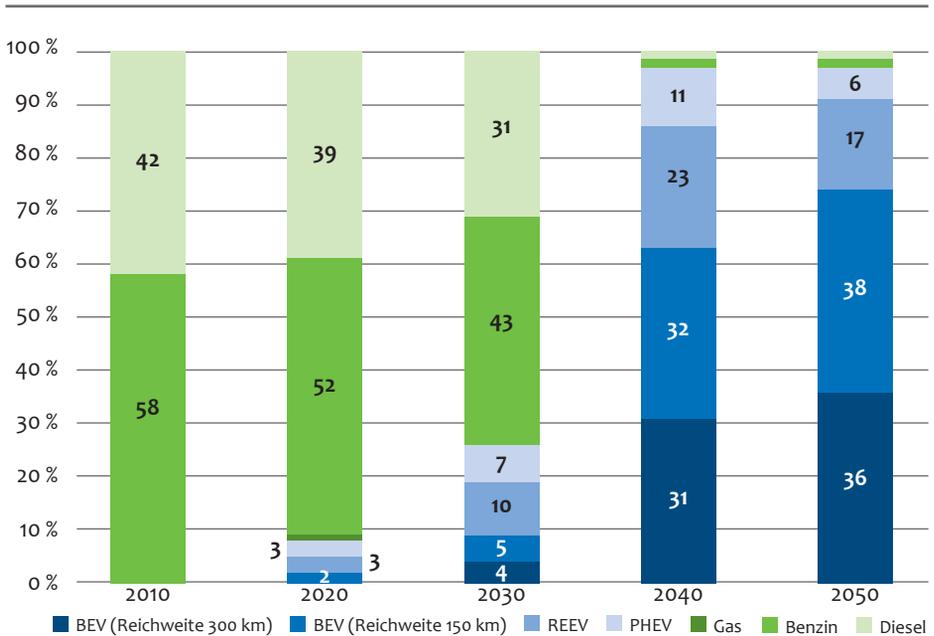


Abbildung 3.6-1: Szenario 1 – PKW-Neuzulassungen (HACKER 2014, S. 62)

staatliche Richtlinien festgelegt. Neue Beschäftigungsmodelle beeinflussen das Arbeitsleben, sodass die Arbeitszeit verringert und ausgeglichener verteilt wird. Durch die hinzugewonnene Zeit rückt Schnelligkeit als Kriterium für die Verkehrsmittelwahl in den Hintergrund. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 59)

Es kommt zu einem Wandel des Mobilitätsleitbildes. Besonders in Städten werden fast alle Wege mit Kombinationen verschiedener Fortbewegungsmittel und -systeme zurückgelegt (Intermodalität), da öffentlicher und privater Verkehr zunehmend verschmelzen. So rückt der individuelle Autobesitz in den Hintergrund und PKW werden vorwiegend von mehreren Menschen gleichzeitig genutzt. Dieses Konzept wird auch als Pooling bezeichnet. Die zunehmende Digitalisierung führt zu einer einfachen Anwendung der Intermodalität mittels Smartphone. Vor allem in Städten kommt es zu einer Steigerung der Lebensqualität, da viele Straßen frei von Autos sind und von Anwohnern als Aufenthalts- und Lebensraum genutzt werden können. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 59)

Die Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur erfolgt durch die Nutzer. Daher kommt es nicht wie im Szenario „Grenzenlos eMobil“ zur Elektrifizierung des Autobahnnetzes. Stattdessen wird die Effizienz des Schienentransports vergrößert, sodass sich der Gütertransport auf der Schiene nahezu verdoppelt. Auch das autonome Fahren, welches ausschließlich auf Autobahnen erlaubt ist, wird vom Güterverkehr genutzt. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 60) Auf Langstrecken nimmt das Volumen des Güterverkehrs jedoch durch eine neue Art der Selbstversorgung und erhöhte

Nachfrage regionaler Produkte ab. Durch die ständig weiterentwickelte und nun auf einem hohen Stand der Technik befindliche 3D-Druck-Technologie ist es möglich, bedarfsgerecht und in Echtzeit Alltagsgegenstände innerhalb der Haushalte zu drucken oder über elektrische Transporter und Lastenräder auf kürzestem Wege zum Verbraucher zu liefern. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 59)

Die Entwicklung der Anteile verschiedener Antriebstechnologien an den PKW-Neuzulassungen ist der Entwicklung im Szenario „Grenzenlos eMobil“ ähnlich, da von ähnlichen Rahmenbedingungen in Bezug auf Elektromobilität ausgegangen wird. Es fallen drei wesentliche Unterschiede auf: Erstens führt der Trend zu kleineren Fahrzeugen, mehr Intermodalität und geteilter Nutzung zu einer schnelleren Marktdurchdringung elektrischer Fahrzeuge im Szenario „Regional eMobil“. Zweitens steigt der Anteil der mit Gas betriebenen Fahrzeuge im Szenario „Regional eMobil“ vorübergehend an, da die Gasinfrastruktur für LKW ausgeweitet wird. Drittens ist der Anteil kleinerer Fahrzeuge und batterieelektrischer Fahrzeuge im Szenario „Regional eMobil“ deutlich höher als im Szenario „Grenzenlos eMobil“. Im Jahr 2050 liegt für das Szenario „Regional eMobil“ der Anteil der BEV mit einer Reichweite von mindestens 300 bei 22 Prozent. BEV mit einer Reichweite von mindestens 150 km machen 60 Prozent der Neuzulassungen aus. Auf Elektrofahrzeuge mit Range Extender (REEV) und Plug-in-Hybride (PHEV) entfallen 12 Prozent bzw. 5 Prozent der Neuzulassungen. (s. HACKER ET AL. 2014, S. 70 f.)

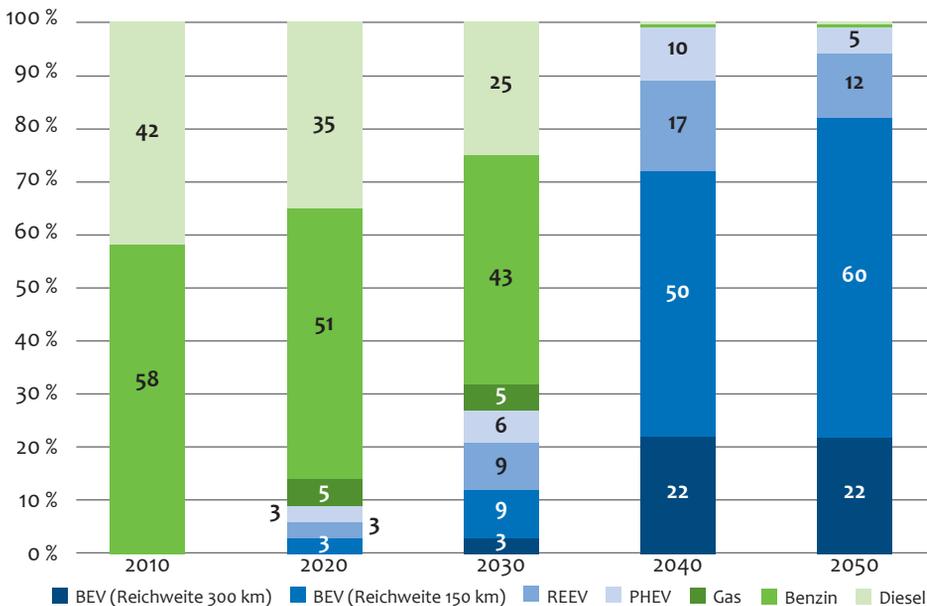


Abbildung 3.6-2: Szenario 2 – PKW-Neuzulassungen (HACKER 2014, S. 62)

Zusammenfassung

In Tabelle 3.6-1 sind die wesentlichen Aspekte der untersuchten Szenarioanalyse zusammengefasst.

Zeitraum	2014 – 2050
Szenario 1 Grenzenlos eMobil	In diesem Szenario nehmen aufgrund der Globalisierung die Distanzen, das Volumen und die Geschwindigkeit des Personen- und Güterverkehrs zu, während der eigene PKW weiterhin eine wichtige Rolle spielt. Es wird ein vor allem vom Güterverkehr genutztes Oberleitungsnetz für Autobahnen etabliert. Neben dem autonomen Fahren kann sich bis 2050 auch die Elektromobilität, unterstützt durch staatliche Regulierungen, durchsetzen.
Szenario 2 Regional eMobil	Dieses Szenario ist durch einen Werte- und Strukturwandel zugunsten des Klima- und Umweltschutzes geprägt. Individuelle Mobilität beschränkt sich zunehmend auf das unmittelbare Umfeld und wird entschleunigt. Der Grundsatz „Nutzen statt Besitzen“ gewinnt an Bedeutung und das Verkehrsaufkommen des Privatverkehrs nimmt durch zunehmende Nutzung elektrischer Kleinfahrzeuge und neuer ÖPNV-Modelle ab. Außerdem geht die Güterverkehrsleistung zurück, da eine Konzentration auf regionale Märkte stattfindet.
Schlüsselfaktoren (16)	<ul style="list-style-type: none"> • Ladeinfrastruktur • Antriebstechnologie • Wirtschafts-/Güterverkehr • Personenverkehr • Stadtentwicklung • Demographische Entwicklung • Einkommensentwicklung • Mobilitätspräferenzen • Förderung seitens Politik • Umweltschutz/-regulierung • Architektur der Wertschöpfungskette • Wertewandel/Lebensstil • Mobilitätsangebot • Mobilitätsdienstleistung (nur in Szenario 2) • Energiepreise (nur in Szenario 1) • Ressourcenverfügbarkeit (nur in Szenario 1)

Tabelle 3.6-1: Zusammenfassung – eMobil 2050 (eigene Darstellung i. A. a. HACKER 2014)

3.7 Zusammenfassung der Schlüsselfaktoren

Die sechs untersuchten Szenarioanalysen bestehen insgesamt aus 15 verschiedenen Szenarien, welche sich sowohl in der geographischen Reichweite als auch im betrachteten Zeithorizont unterscheiden. In der Summe können in den 15 verschiedenen Szenarien 27 eigenständige Schlüsselfaktoren identifiziert werden. In Tabelle 3.7-2 werden die einzelnen Szenarioanalysen und Szenarien in derselben Reihenfolge wie in den vorangegangenen Kapiteln aufgelistet und diesen die identifizierten Schlüsselfaktoren zugewiesen.

Szenarioanalysen	Jahr der Veröffentlichung	Zeithorizont	
Zum E-Auto gibt es keine Alternative	2010	2010	
große Veränderung Basis-Szenario kaum Veränderung			
Begleitforschungsstudie Elektromobilität	2010	2020	
geringer technischer Fortschritt moderater technischer Fortschritt hoher technischer Fortschritt			
Verbundprojekt LOGFOR	2011	2020	
Szenario PKW 2020 Szenario Kastenwagen bis 3,5t 2020			
E-Mobility 2025	2011	2025	
IT-Car E-Mikromobilität Katalysator Wirtschaftsverkehr			
Der PKW-Markt bis 2040	2013	2040	
Basisszenario Alternativszenario			
eMobil 2050	2014	2050	
grenzenlos eMobil regional eMobil			

Tabelle 3.7-2: Übersicht der Schlüsselfaktoren bisheriger Szenarioanalysen (eigene Darstellung)

Während in den einzelnen Szenarien verschiedene Schlüsselfaktoren auftreten können, entsprechen die einer Szenarioanalyse zugewiesenen Schlüsselfaktoren der Vereinigung der Faktoren der zugehörigen Szenarien. Des Weiteren werden die Zeitpunkte der Veröffentlichung und die Zeithorizonte der Szenarioanalysen angegeben. Einige der identifizierten Schlüsselfaktoren weisen inhaltliche Gemeinsamkeiten auf, sodass verwandte Schlüsselfaktoren zur weiteren Auswertung zu übergeordneten Schlüsselfaktoren zusammengefasst werden können. Die Anzahl der Faktoren kann so von 26 auf 8 reduziert werden, wodurch sich die Abgrenzbarkeit der einzelnen Schlüsselfaktoren untereinander erhöht. Die Bündelung der Schlüsselfaktoren ist in Tabelle 3.7-1 dargestellt.

Ladeinfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Ladeinfrastruktur/Straßennetz • erlaubter Entladegrad • fahrzeugseitige Ladeleistung • netzseitige Ladeleistung • aufgeladene Fahrzeuge mit Netzzugang
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> • Antriebstechnologie • Batterietechnologie
politische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Stadtentwicklung • politische Fördermaßnahmen • Umweltregulierung/-schutz
Gesamtbetriebskosten	<ul style="list-style-type: none"> • TCO-Lücke • Energiepreise • Anschaffungskosten • Versicherungskosten • Instandhaltungs-/Wartungskosten
Entwicklung der Gesellschaft	<ul style="list-style-type: none"> • demographische Entwicklung • Einkommensentwicklung • Lebensstil/Wertewandel
Mobilitätsoptionen	<ul style="list-style-type: none"> • Personenverkehr • Mobilitätspräferenzen • Mobilitätsangebot • Mobilitätsdienstleistungen
Ressourcenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Ressourcenverfügbarkeit
Wertschöpfungssysteme	<ul style="list-style-type: none"> • Architektur der Wertschöpfungskette • Wirtschafts-/Güterverkehr • Standardisierung

Tabelle 3.7-1: Bündelung der Schlüsselfaktoren zu übergreifenden Faktoren (eigene Darstellung)

In Tabelle 3.7-3 werden den untersuchten Szenarioanalysen die übergeordneten Schlüsselfaktoren zugeordnet. Die Schlüsselfaktoren sind dabei hinsichtlich der Häufigkeit ihrer Nennung sortiert.

Szenarioanalysen	Ladeinfrastruktur	Technologie	politische Maßnahmen	Gesamtbetriebskosten	Entwicklung der Gesellschaft	Mobilitätsoptionen	Ressourcenverfügbarkeit	Wertschöpfungs-systeme	Gesamtzahl Elektrofahrzeuge
Zum E-Auto gibt es keine Alternative	•	•	•	•					
Begleitforschungsstudie Elektromobilität	•	•					•		•
Verbundprojekt LOGFOR	•	•	•	•	•	•			
E-Mobility 2025	•	•	•	•	•	•		•	
Der PKW-Markt bis 2040	•	•	•	•		•	•		
eMobil 2050	•	•	•	•	•	•	•	•	
Σ	6	6	5	5	3	3	3	2	2

Tabelle 3.7-3: Komprimierte Übersicht der Schlüsselfaktoren (eigene Darstellung)

Die Schlüsselfaktoren *Ladeinfrastruktur*, *Technologie*, *Politische Maßnahmen* und *Gesamtbetriebskosten* werden in nahezu allen Szenarioanalysen berücksichtigt. Sie sind die in den sieben untersuchten Szenarioanalysen meistgenannten Faktoren und haben somit einen hohen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität. Insbesondere der Ausbau und Aufbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur werden als wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Elektromobilität angesehen. Die Ladeinfrastruktur bietet einerseits die Möglichkeit, eine große Anzahl von Fahrzeugen zeitgleich mit Strom zu versorgen und andererseits den Mobilitätsradius einzelner Fahrzeuge zu erweitern. Aufgrund der derzeit geringen Reichweite von Elektrofahrzeugen und ihrer geringen Ladegeschwindigkeit sind in Bezug auf die Gesamtzahl der Fahrzeuge mehr Ladestationen notwendig als im Tankstellennetz für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

Auch der Faktor *Technologie* ist von großer Bedeutung. Dieser umfasst sowohl den Fortschritt in der Batterieentwicklung als auch in der Entwicklung der Antriebssysteme. Dabei reichen die technischen Neuerungen von innovativen oder verbesserten Antriebskonzepten über Batteriekapazität und -kosten bis hin zum autonomen Fahren.

In fünf der untersuchten Szenarioanalysen finden *politische Maßnahmen* Berücksichtigung. Diese können beispielsweise dichtbefahrene Innenstädte über Mautregulierungen entlasten oder durch Sanktionen für besonders umweltschädigende Fahrzeuge einen Kostenvorteil für Elektrofahrzeuge schaffen. Politische Maßnahmen umfassen ebenfalls Fördermaßnahmen, welche technologische Innovationen unterstützen (vgl. HACKER ET AL. 2014, S. 51). In Bezug auf diesen Faktor müssen jedoch auch Steuerausfälle (z. B. im Bereich der Mineralölsteuer) infolge einer geringeren Anzahl von Benzin- und Dieselfahrzeugen berücksichtigt werden. (vgl. BROKATE ET. AL 2013, S. 32)

Lediglich die Schlüsselfaktoren *Ladeinfrastruktur*, *Entwicklung der Gesellschaft*, *Mobilitätsoptionen* und *Wertschöpfungssysteme* berücksichtigen Dienstleistungen in Bezug auf Elektromobilität. Abgesehen vom Faktor *Ladeinfrastruktur*, welcher sich nur zu einem kleinen Teil auf Dienstleistungen bezieht, finden diese Schlüsselfaktoren in nur drei der sechs untersuchten Szenarioanalysen Erwähnung. Die Annahme, dass Szenarioanalysen bisher keinen ausreichenden Fokus auf Dienstleistungen im Kontext der Elektromobilität legen, kann somit bestätigt werden. Deshalb werden im nachfolgenden Kapitel 4 weitere Schlüsselfaktoren mit einem direkten Dienstleistungsbezug erarbeitet und auf Basis jener eine dienstleistungsfokussierte Szenarioanalyse durchgeführt.

4 SZENARIOANALYSE ZUR ELEKTROMOBILITÄT

Im Anschluss an die Untersuchung bisheriger Szenarioanalysen in Kapitel 3 und auf Grundlage der in Kapitel 2 beschriebenen Methodik der Szenarioanalyse wird nachfolgend eine Szenarioanalyse mit hohem Dienstleistungsbezug durchgeführt. Dies erfolgt in sieben Phasen, welche sich an den Handlungsschritten der Szenarioanalyse nach REIBNITZ orientieren, jedoch wird beispielsweise die Einflussanalyse nach REIBNITZ aufgrund ihres großen Umfangs in die erste, zweite und dritte Phase gegliedert. Außerdem werden die Handlungsschritte der Aufgabenanalyse, der Störereignisanalyse und des Szenariotransfers nicht durchgeführt, da diese lediglich unternehmensspezifisch wertstiftend sind.

In Phase 1 werden Einflussbereiche der Elektromobilität, wie zum Beispiel der Bereich der Politik, identifiziert. Einflussbereiche gliedern die Einflussgrößen innerhalb des jeweiligen Umfelds sachlogisch. In Phase 2 erfolgt die Identifikation sogenannter Einflussfaktoren zu jedem Einflussbereich. Einflussfaktoren sind spezifische Elemente der Elektromobilität, wie beispielsweise die Reichweite von Elektrofahrzeugen. Sie indizieren somit als Kenngrößen die Situation der Elektromobilität, bestimmen durch dynamische Wechselwirkungen untereinander jedoch gleichzeitig die Entwicklung derselben. Da meist eine Vielzahl von Einflussfaktoren identifiziert wird, ist die Selektion sogenannter Schlüsselfaktoren aus den identifizierten Einflussfaktoren im Hinblick auf deren Übersichtlichkeit und Präzision sinnvoll (s. Phase 3). Außerdem werden diese Schlüsselfaktoren im Sinne der Einflussanalyse nach REIBNITZ vernetzt. In Phase 4 wird anschließend, ausgehend vom Ist-Zustand desselben, für jeden Schlüsselfaktor eine optimistische, eine pessimistische und eine Trendprojektion festgelegt, welche die Grundlage für die darauffolgende Alternativenbündelung (Phase 5) bilden. Im Rahmen dieser werden die Trendprojektionen der Schlüsselfaktoren in eine Cross-Impact-Matrix integriert. Aus dieser Matrix können nun konsistente Zukunftsszenarien für die Entwicklung der Elektromobilität gebildet werden. Phase 6 beinhaltet die Interpretation, das heißt die Deutung und Ausgestaltung von zwei ausgewählten Szenarien, welche im Hinblick auf Dienstleistungen eine besonders hohe Relevanz aufweisen. Abschließend folgt in Phase 7 die Konsequenzanalyse, welche Chancen und Risiken der ausgewählten Szenarien für vier Akteure der Elektromobilität aufzeigt. Die Ergebnisse der Szenarioanalyse ermöglichen ein umfassendes Verständnis der Elektromobilität. Insbesondere die Ergebnisse der Phasen 3 und 7 erleichtern maßgeblich die Festlegung konkreter Handlungsmaßnahmen für die Förderung der Elektromobilität.

Vor der Durchführung der Szenarioanalyse ist die Abgrenzung des Untersuchungsbereichs erforderlich, auf den sich diese bezieht. Dieser Bereich wird in dieser Arbeit weiter gefasst, als es in bestehenden Szenarioanalysen erfolgt ist. Bisherige Szenarioanalysen beziehen sich zumeist auf einen eng gefassten, technologisch orientierten Betrachtungsbereich. Durch eine Ausweitung desselben auf das gesamte Mobilitätsumfeld wird erwartet, dass Schlüsselfaktoren identifiziert werden, welche Dienstleistungen in der Elektromobilität stärker berücksichtigen.

Grundsätzlich lässt sich ein Untersuchungsaspekt, wie z. B. Elektromobilität, in ein globales und ein spezifisches (Branchen-)Umfeld gliedern. Im weiteren Verlauf wird das spezifische Umfeld als lokales Umfeld bezeichnet. Innerhalb des lokalen und des globalen Umfelds existieren sogenannte Einflussbereiche, welchen jeweils sogenannte Einflussfaktoren zugewiesen werden (s. FINK ET AL. 2001, S. 77; s. GAUSEMEIER ET AL. 2009, S. 18). In Abbildung 4-1 ist der Zusammenhang zwischen dem globalen und dem lokalen Umfeld graphisch dargestellt.

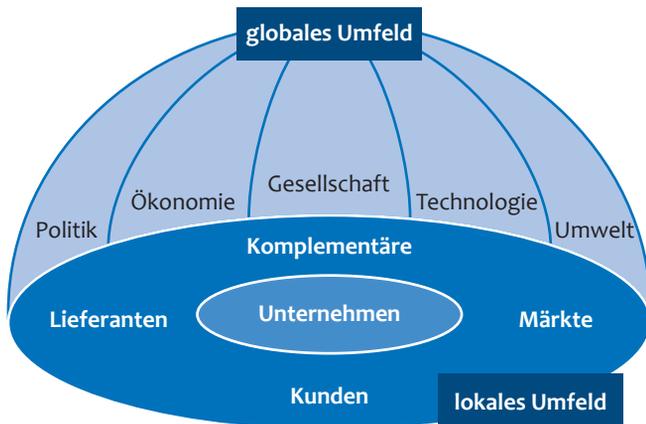


Abbildung 4-1: *Globales und lokales Umfeld eines Unternehmens*
(eigene Darstellung i. A. a. GAUSEMEIER ET AL. 2009, S. 12)

In der Abbildung ist ein Unternehmen als Untersuchungsaspekt dargestellt, das durch die globalen Einflussbereiche Politik, Ökonomie, Gesellschaft, Technologie und Umwelt und die lokalen Einflussbereiche Komplementäre, Märkte, Kunden und Lieferanten beeinflusst wird. Tendenziell sind Einflussbereiche, die sich dem globalen Umfeld zuordnen lassen, nicht beeinflussbar und somit als extern vorgegeben zu betrachten. Sie erfüllen eher repräsentative Funktionen und benötigen oftmals keine wesentlichen Änderungen. Einflussbereiche, die sich dem lokalen Umfeld zuordnen lassen, sind dagegen im weitesten Sinne beeinflussbar und weisen in Abhängigkeit vom Untersuchungsaspekt deutlich größere Unterschiede auf. Diese Eigenschaften treffen ebenfalls auf die Einflussfaktoren der jeweiligen Einflussbereiche zu. (s. ANSORGE ET AL. 2013, S. 61; s. MIßLER-BEHR 1993, S. 5; s. FINK ET AL. 2001, S. 77; s. GAUSEMEIER ET AL. 2009, S. 18) Im Folgenden wird bei der Identifikation von Einflussbereichen (Phase 1) und von Einflussfaktoren (Phase 2) zwischen Einflussgrößen des globalen und des lokalen Umfelds unterschieden.

Innerhalb des lokalen bzw. globalen Umfelds können verschiedene Einflussbereiche der Elektromobilität identifiziert werden, welche wiederum unterschiedliche Einflussfaktoren umfassen. Aus diesen Einflussfaktoren werden schließlich Schlüsselfaktoren ausgewählt, welche für die Entwicklung der Elektromobilität von besonderer Bedeutung sind. Die damit abgeschlossene Analyse des Betrachtungsbereichs bildet die Grundlage für die anschließende Entwicklung und Interpretation von Szenarien von Phase 4 bis zu Phase 7. In Abbildung 4-2 ist der Zusammenhang zwischen Unternehmensumfeld, Einflussbereichen, Einflussfaktoren und Schlüsselfaktoren schematisch dargestellt.

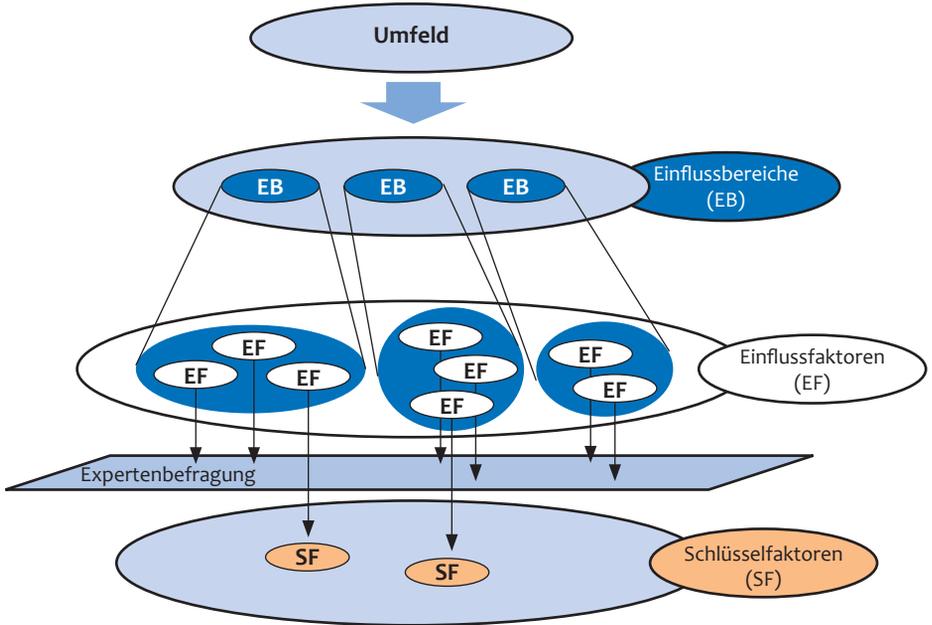


Abbildung 4-2: Schematische Darstellung der Ebenen eines Unternehmensumfelds (eigene Darstellung i. A. a. FAENGER 2006, S. 38)

4.1 Phase 1: Identifikation von Einflussbereichen

Einflussbereiche gliedern die Einflussgrößen innerhalb des jeweiligen Umfelds sachlogisch. Speziell dient die Festlegung von Einflussbereichen des globalen Umfelds der Kategorisierung makroskopischer Einflüsse auf das Themenfeld der Elektromobilität, während lokale Einflussbereiche die unmittelbar innerhalb des Themenfelds wirkenden Einflussgrößen kategorisieren.

Zur Identifikation von Einflussbereichen werden verschiedene Informationsquellen herangezogen. Zum einen wird eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt, wobei – abgesehen von Szenarioanalysen zur Elektromobilität (s. Kapitel 3) – weitere wissenschaftliche Quellen mit Bezug zur Elektromobilität einbezogen werden. Bei der Literaturrecherche werden die Ansichten verschiedener Autoren miteinander verglichen, um abschließend durch eine Bewertung die wesentlichen Einflussbereiche zu ermitteln (s. KIESEL 2001, S. 44). Durch einen Vergleich und eine anschließende Bewertung der verschiedenen Veröffentlichungen unter Berücksichtigung ihrer Aktualität und aktueller Trends werden mögliche Einflussbereiche festgelegt. Zum anderen fließen internes Domänenwissen sowie externes Expertenwissen in die Festlegung von Einflussbereichen ein. Persönliches Fachwissen, Erfahrungen und Gespräche mit Experten bilden somit die zweite wesentliche Informationsquelle zur Bestimmung von Einflussbereichen.

4.1.1 Globale Einflussbereiche

Die globalen Einflussbereiche basieren auf der Kategorisierung der STEP-Analyse. Die STEP-Analyse (*Political, Economics, Social, Technological*) wird im Bereich des strategischen Managements zur Erfassung des globalen Geschäftsumfelds eingesetzt und unterteilt dieses in politische, ökonomische, soziokulturelle und technologische Faktoren (AGUILAR 1967). Im Laufe der Zeit wurde das Modell durch zahlreiche Wissenschaftler um weitere Komponenten ergänzt und erfasst zusätzlich zum Grundmodell beispielsweise juristische (LANGE-STUNTEBECK 2013; SCHÄDEL 2008) oder ökologische (PEARCE UND ROBINSON 2009) Auswirkungen. Für die Entwicklung der globalen Einflussbereiche werden neben den Bereichen der PEST-Analyse elf Umweltanalysen von verschiedenen Autoren miteinander verglichen und ausgewertet.

Die Verwertung der Kategorien der STEP-Analyse und die Analyse der Ergebnisse aus der Fachliteratur führen zu einer Unterteilung des Umfelds der Elektromobilität in fünf Hauptsektoren. Eine Auflistung der dabei herangezogenen Autoren und die von jedem Autor festgelegten bzw. vorgeschlagenen Einflussbereiche sind in Anhang C vorzufinden. Abbildung 4.1-1 zeigt die globalen Einflussbereiche, welche maßgeblich auf den Untersuchungsaspekten der STEP-Analyse basieren. Im Anschluss werden die fünf identifizierten globalen Einflussbereiche näher erläutert.

Globale Einflussbereiche nach der STEP-Analyse			
soziales Umfeld	Technologie	Politik	Politik



Globale Einflussbereiche				
Politik	Politik	Umwelt	Gesellschaft	Technologie
allgemeine und konkrete politische Rahmenbedingungen für Elektromobilität	unmittelbares Wettbewerbsumfeld der Elektromobilität sowie die volkswirtschaftliche Entwicklung	Aspekte der Erhaltung der natürlichen Umwelt	gesellschaftlicher Wandel (z. B. im Hinblick auf Wertvorstellungen)	inkrementeller oder radikaler technologischer Fortschritt der Elektromobilität

Abbildung 4.1-1: Einflussbereiche des globalen Umfelds (eigene Darstellung)

1. Politik

Die politischen Vorgaben geben die Rahmenbedingungen vor, in denen die Unternehmen wirtschaften können. Die Aufgaben des Staats erstrecken sich von der Überwachung und Regulierung der Märkte auf nationaler Ebene bis hin zur politischen Stabilität und Sicherheit im internationalen Raum. Die Gesetzgebung sowie die staatlichen Voraussetzungen für wirtschaftliches Handeln sind dabei von ähnlich großer Bedeutung wie z. B. die internationale Öffnung Chinas oder der Verschuldungsgrad der dritten Welt (PILLER 2009).

2. Ökonomie

Die allgemeine ökonomische Umweltanalyse bezieht sich nicht nur auf das unmittelbare Wettbewerbsumfeld. Es werden auch Faktoren aus der volkswirtschaftlichen Entwicklung in Betracht gezogen. Wichtige ökonomische Faktoren sind zum Beispiel das Wirtschaftswachstum, die Inflationsrate, der Wechselkurs, die Arbeitslosenquote oder auch Konjunkturprognosen. Die unterschiedlichen Ausprägungen dieser makroökonomischen Faktoren spiegeln sich in Unternehmen in Form von Nachfrageentwicklungen, Kostendruck und Wettbewerbsintensität wider.

3. Umwelt (Ökologie)

Im Zuge des globalen Klimawandels rückt die Erhaltung der *natürlichen Umwelt* immer weiter in den Blickpunkt der Öffentlichkeit. Die zunehmende Umweltbelastung durch Treibhausgase und der kontinuierliche Rückgang der Ressourcenvorkommen erfordern zwingend eine ökologisch ausgerichtete Unternehmenspolitik. Die Nutzung von regenerativen Energiequellen sowie die Herstellung von umweltverträglichen Produkten sind notwendige Bedingungen für den Aufbau und Erhalt eines langfristig orientierten grünen Images, welches eine zunehmend große Bedeutung in Unternehmen einnimmt. Während die Restriktionen der Energie- und Klimapolitik den Handlungsspielraum der Unternehmen einerseits einschränken, können andererseits durch einen erhöhten Beitrag zum Umweltschutz und einen Umstieg auf ein umweltfreundliches Produktionsverfahren sowohl Steuer- als auch Wettbewerbsvorteile erzielt werden.

4. Gesellschaft

Innerhalb der soziokulturellen Umwelt stehen insbesondere gesellschaftliche Veränderungen im Vordergrund, die sich auf den strategischen Entscheidungsprozess eines Unternehmens stark auswirken. Dazu gehört neben dem demographischen Wandel, der anhand der Bevölkerungsstruktur quantifizierbar ist, auch die Veränderung der kulturellen Normen und Wertvorstellungen, deren Trendentwicklung nur im Laufe der Zeit anhand von persönlichen Erfahrungen und qualitativen Analysen zu beurteilen ist. Eine frühzeitige Einbeziehung der Bevölkerung kann insbesondere die gesellschaftliche Akzeptanz erhöhen und mögliche Barrieren nachhaltig verringern.

5. Technologie

Aus unternehmerischer Sicht kann der technologische Fortschritt sowohl als Chance als auch als Bedrohung wahrgenommen werden, er stellt eine sogenannte „schöpferische Zerstörung“ dar (PILLER 2009). Im Markt können die Einführung von neuen Produkten, die Optimierung von Prozessen oder ein Durchbruch in der Forschung nicht nur zu einer Effizienzsteigerung im eigenen Unternehmen beitragen, sondern vielmehr können darüber hinaus entscheidende Wettbewerbsvorteile gegenüber anderen Marktteilnehmer generiert werden. Auf der anderen Seite kann ein technologischer Wandel eine Störgröße für die langfristige Unternehmensstrategie darstellen. Der kontinuierliche Anpassungsprozess an den technologischen Trend ist mit hohen Investitionskosten und Unsicherheiten verbunden.

4.1.2 Lokale Einflussbereiche

Nachdem die Einflussbereiche im globalen Umfeld definiert worden sind, folgt im nächsten Schritt eine Darstellung der lokalen Einflussbereiche. Durch eine ausführliche Literaturrecherche konnten die sechs Einflussbereiche ‚Technischer Stand‘, ‚Nutzung‘, ‚Mehrwertdienstleistungen‘, ‚Automobilhersteller‘, ‚Energiewirtschaft‘ und ‚Marktcharakteristik‘ für das lokale Umfeld der Elektromobilität identifiziert werden (s. Abbildung 4.1-2).

Einflussbereiche des lokalen Umfelds – Projekt DELFIN					
technischer Stand	Nutzung	Mehrwertdienstleistungen	Automobilhersteller	Energiewirtschaft	Marktcharakteristik
technologische Merkmale eines Elektrofahrzeugs	Art und Weise der Nutzung von Elektrofahrzeugen	Dienstleistungen, welche die Attraktivität oder Funktionalität der Elektromobilität beeinflussen	Verhalten von Automobilherstellern im Kontext der Elektromobilität	Verhalten der Akteure der Energiewirtschaft im Kontext der Elektromobilität	Wettbewerb und Kooperationen zwischen den Marktteilnehmern

Abbildung 4.1-2: Einflussbereiche des lokalen Umfelds (eigene Darstellung)

Die identifizierten lokalen Einflussbereiche werden nachfolgend beschrieben. Die Relevanz dieser wird dabei anhand von Literaturquellen aufgezeigt. Außerdem wird auf die potenzielle Bedeutung der Einflussbereiche im Kontext der Elektromobilität eingegangen.

1. Technischer Stand

Beim Einflussbereich *Technischer Stand* stehen die technischen Eigenschaften eines Elektrofahrzeugs im Vordergrund. Der *Technische Stand* umfasst unter anderem die Reichweite, die Ladezeit und die Ladekonzepte eines Elektrofahrzeugs (s. ANSORGE ET AL. 2013, S. 62). Die technischen Eigenschaften eines Elektrofahrzeugs stellen im System der Elektromobilität einen wesentlichen Baustein dar (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 15). Bei einem Vergleich der Bedeutung einer Marke mit den technischen Eigenschaften eines Elektrofahrzeugs kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass im Bereich der Elektromobilität die Bedeutung der Marken zu Lasten der technischen Eigenschaften abnimmt (s. PROFF ET AL. 2013, S. 9). Es zeigt sich, dass der technische Stand einen wesentlichen Einfluss auf die Elektromobilität ausübt und somit einen zentralen Einflussbereich darstellt.

2. Nutzung

Beim Einflussbereich *Nutzung* stehen der Nutzer eines Elektrofahrzeugs sowie emotionale, monetäre und adaptive Einflüsse, die vor einer Kaufentscheidung auf ihn wirken, im Vordergrund. Technische Einflüsse werden dagegen im Einflussbereich *Technischer Stand* berücksichtigt. Es werden zusätzlich private und gewerbliche Nutzungsformen unterschieden. Der Einflussbereich umfasst beispielsweise Aspekte des Images und des Mobilitätsverhaltens (s. ANSORGE ET AL. 2013, S. 62). Die Bedeutung des Einflussbereichs *Nutzung* wird durch folgendes Zitat der *Nationalen Plattform Elektromobilität* deutlich: „Die Elektromobilität ist ein System, in dessen Mittelpunkt der Nutzer steht“ (NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 15). Vor einer Kaufentscheidung setzt sich der potenzielle Nutzer u. a. mit den anfallenden Kosten (monetär) und der Alltagstauglichkeit (adaptiv) auseinander (s. COCCA ET AL. 2015, S. 34). Weitere Entscheidungsgrößen stellen die Umweltfreundlichkeit und das damit verbundene positive Image (emotional) eines Elektrofahrzeugs dar (s. PROFF ET AL. 2013, S. 15). Es zeigt sich, dass die *Nutzung* wesentlichen Einfluss auf die Elektromobilität hat und somit einen zentralen Einflussbereich darstellt.

3. Energiewirtschaft

Beim Einflussbereich *Energiewirtschaft* steht die Bereitstellung elektrischer Energie als zentrale Anforderung für die Fortbewegung von Elektrofahrzeugen im Vordergrund. Der Einflussbereich umfasst unter anderem die Ladeinfrastruktur und regenerative Energien (s. ANSORGE ET AL. 2013, S. 62). Nur durch eine flächendeckende Ladeinfrastruktur kann die komfortable Nutzung eines Elektrofahrzeugs gewährleistet werden (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 109). Der Umweltvorteil der Elektromobilität hat nur durch regenerativ erzeugten Strom Bestand (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 163). Zusätzlich können Elektrofahrzeuge zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 109). Es zeigt sich, dass die *Energiewirtschaft* wesentlichen Einfluss auf die Elektromobilität hat und somit einen zentralen Einflussbereich darstellt (vgl. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 15).

Zu den Einflussbereichen, die Veränderungen im Vergleich zur Ausgangsliteratur aufweisen, zählen Mehrwertdienstleistungen, Automobilhersteller und die Marktcharakteristik. Diese Einflussbereiche werden nachfolgend näher beschrieben, wobei zusätzlich die Veränderungen im Vergleich zur Ausgangsliteratur aufgegriffen werden. Außerdem wird auf die Bedeutung der Einflussbereiche im Kontext der Elektromobilität eingegangen.

4. Mehrwertdienstleistungen

Der Einflussbereich *Mehrwertdienstleistungen* umfasst sämtliche Dienstleistungen, die in Bezug auf die Elektromobilität zusätzlichen Nutzen generieren. In der Fachliteratur wird dieser Aspekt als Mobilitätskonzept aufgefasst (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT

2012, S. 10). Es werden in der Fachliteratur zusätzlich zu Mobilitätskonzepten weitere Formen von Dienstleistungen im Kontext der Elektromobilität genannt (s. KLINK ET AL. 2011, S. 2). Die zunehmende Bedeutung von Mehrwertdienstleistungen durch das Wachstum der Elektromobilität wird in der aktuellen Fachliteratur thematisiert (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 6). Es zeigt sich, dass Mehrwertdienstleistungen einen wesentlichen Einfluss auf die Elektromobilität ausüben.

5. Automobilhersteller

Der Einflussbereich *Automobilhersteller* umfasst sämtliche Maßnahmen von Automobilherstellern, die einen Einfluss auf die Attraktivität der Elektromobilität ausüben. Ausgenommen sind Maßnahmen, die die technischen Eigenschaften des Elektrofahrzeugs betreffen. Die Analyse von Fachliteratur hat gezeigt, dass die Automobilindustrie häufig als einzelner Baustein im Kontext der Elektromobilität betrachtet wird (s. KLINK ET AL. 2011, S. 2; s. BARTHOLLE ET AL. 2012, S. 3). Das ist damit zu erklären, dass den Automobilherstellern aufgrund der Produktion von Elektrofahrzeugen eine besondere Bedeutung in Bezug auf die Elektromobilität beigemessen wird (s. KLINK ET AL. 2011, S. 2). Die Erwartung an die Automobilhersteller, den Wandel zur Elektromobilität aktiv voranzutreiben, ist aus diesem Grund sehr hoch (s. BRAND ET AL. 2012, S. 3). Es zeigt sich, dass *Automobilhersteller* einen wesentlichen Einfluss auf die Elektromobilität ausüben und als eigenständiger Einflussbereich anzusehen sind.

6. Marktcharakteristik

Beim Einflussbereich *Marktcharakteristik* stehen Wettbewerbsstrukturen sowie Kooperationen zwischen Unternehmen im Marktumfeld der Elektromobilität im Vordergrund. Es wird ebenfalls die Marktdurchdringung von Elektrokleinstfahrzeugen berücksichtigt. Durch die zunehmende Entwicklung der Elektromobilität treten neue Akteure in den Markt ein (s. MAYER 2014, S. 21). Die zunehmende Konkurrenzsituation bewirkt, dass bestehende Unternehmen ihr Angebot erweitern. Durch die Ausweitung der Kompetenzen entstehen wiederum neue Herausforderungen (s. COCCA ET AL. 2015, S. 73). Andererseits werden Kooperationen zwischen Unternehmen genutzt, um Wettbewerbsvorteile zu generieren (s. PWC 2012, S. 84). Durch eine hohe Marktdynamik profitiert wiederum die Elektromobilität. Es zeigt sich, dass die *Marktcharakteristik* wesentlichen Einfluss auf die Elektromobilität hat und als eigenständiger Einflussbereich anzusehen ist.

4.2 Phase 2: Identifikation von Einflussfaktoren

Nachdem in der ersten Phase die Einflussbereiche des globalen und lokalen Umfelds der Elektromobilität identifiziert und definiert worden sind, erfolgt in der zweiten Phase die Identifikation von Einflussfaktoren. Diese werden den in dieser Phase gefundenen Einflussbereichen zugeordnet und ausführlich beschrieben.

Zur Identifikation von Einflussfaktoren wird grundsätzlich die gleiche Methodik wie in Phase 1 angewendet (s. Kapitel 4.1). Jedoch gilt es zu beachten, dass in der Fachliteratur teilweise unterschiedliche Begriffe für ähnliche Faktoren verwendet werden. Es ist ebenfalls möglich, dass zwei Einflussfaktoren mit der gleichen Bezeichnung in der Literatur unterschiedlich definiert werden. Ein wichtiges Kriterium ist die Vermeidung von eindeutigen inhaltlichen Überschneidungen zwischen den Einflussfaktoren. Nur durch eine klare Abgrenzung zwischen den Einflussfaktoren und der Überprüfung auf kausale Zusammenhänge wird die Evaluierung disjunkter Faktoren ermöglicht. Zur Beschreibung der Einflussfaktoren ist es sinnvoll, ein bestimmtes wiederkehrendes Muster zu verwenden. Hierbei werden folgende Aspekte der Einflussfaktoren berücksichtigt:

1. Definition, gegebenenfalls Abgrenzung und Beispiel
2. Bedeutung des Einflussfaktors im Kontext der Elektromobilität
3. Wirkmechanismen (optional)
4. Aufzeigen möglicher Maßnahmen, um den Einflussfaktor positiv zu beeinflussen (optional)
5. Zusammenfassung

Für die Untersuchung der globalen Einflussfaktoren wurde zusätzlich zum eigens durchgeführten Brainstorming sowohl nationale als auch internationale Fachliteratur herangezogen, um mögliche Potenziale und Hemmnisse für Deutschland zu erörtern. Betrachtungsbereich und Definition eines Einflussfaktors variieren von Autor zu Autor, sodass ursprünglich 55 verschiedene Einflussfaktoren identifiziert worden sind, die jedoch inhaltliche Ähnlichkeiten aufwiesen. Um die Auswahl zu begrenzen, wurden einerseits verwandte Begriffe, die in ihrer semantischen Bedeutung übereinstimmen, zu einem Begriff zusammengefasst und andererseits diejenigen Einflussfaktoren selektiert, welche durch die mehrfache Nennung in der Fachliteratur besonders signifikant erscheinen.

Als Beispiel für die Selektion und Zusammenführung von Einflussfaktoren kann die unterschiedliche Auffassung des Begriffs der politischen Unterstützung herangezogen werden. Die inhaltliche Interpretation des Ausdrucks erstreckt sich von staatlichen Subventionen bis hin zu Finanzierungsmodellen wie der Abwrackprämie. Um die Interessen und Intentionen aller Autoren zu wahren, werden einige Einflussfaktoren zu einem gemeinsamen Oberbegriff zusammengeführt, der alle Gesichtspunkte der ursprünglichen Faktoren berücksichtigt. Für

das vorangegangene Beispiel wurde der Obergriff *Staatliche Förderung* gewählt, der den politischen Einfluss auf die Elektromobilität durch monetäre Anreize beschreibt. Tabelle 4.2-1 stellt sämtliche identifizierten globalen Einflussfaktoren, geordnet nach Einflussbereichen, dar.

Globaler Einflussbereich	Globale Einflussfaktoren
Politik	<ul style="list-style-type: none"> • staatliche Förderung • Regulierung • Steuern und Abgaben • Gesetze • Energie- und Klimapolitik • Standardisierung
Ökonomie	<ul style="list-style-type: none"> • Ölpreis • Strompreis • Batteriepreise • Total Cost of Ownership • Wechselkurs • Wettbewerb
Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltigkeit • Klimawandel • Umweltbewusstsein • Ressourcenverfügbarkeit • Recycling
Gesellschaft	<ul style="list-style-type: none"> • demographischer Wandel • Sensibilisierung • Wertewandel • Nutzerakzeptanz • Mobilitätsverhalten • Urbanisierung • Metropolisierung
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> • Antriebstechnologie • Batterietechnologie • Infrastruktur • Funktionsintegration • Sicherheit

*Tabelle 4.2-1:
Übersicht der
Einflussbereiche
und -faktoren des
globalen Umfelds
der Elektromobilität
(eigene Darstellung)*

Von den identifizierten lokalen Einflussfaktoren wurden sechs Faktoren ebenso als Einflussfaktoren des globalen Umfelds identifiziert (s. Tabelle 4.2-2). Aufgrund von starken Ähnlichkeiten werden diese in den folgenden Unterkapiteln nicht im Rahmen der globalen, sondern lediglich im Rahmen der lokalen Einflussbereiche beschrieben. Die identifizierten lokalen Einflussfaktoren werden in Tabelle 4.2-3, geordnet nach Einflussbereichen, aufgelistet.

Globale Einflussfaktoren	Lokale Einflussfaktoren
Total Cost of Ownership	≅ Kosten
Wettbewerb	≅ erhöhter Wettbewerb
Sensibilisierung	≅ Informationsstand
Infrastruktur	≅ Ladeinfrastruktur
Sicherheit	≅ Sicherheit
Funktionsintegration	≅ Smart Grid

Tabelle 4.2-2: Darstellung von globalen und lokalen Einflussfaktoren mit großen Ähnlichkeiten (eigene Darstellung)

Lokaler Einflussbereich	Lokale Einflussfaktoren
Technischer Stand	<ul style="list-style-type: none"> • Reichweite • Ladekonzepte • Ladezeit • Leichtbau • Sicherheit
Nutzung	<ul style="list-style-type: none"> • Informationsstand • Alltagstauglichkeit eines Elektrofahrzeugs • Kosten • Image von Elektrofahrzeugen • Sichtbarkeit • gewerbliche Nutzung von Elektrofahrzeugen
Mehrwertdienstleistungen	<ul style="list-style-type: none"> • Finanzierungsangebote • IKT-basierte Dienste • multimodale Konzepte • Verfügbarkeit von Werkstätten • privates Carsharing • Weiternutzungsdienste Batterie • neue Servicekonzepte
Automobilhersteller	<ul style="list-style-type: none"> • Modellvielfalt • eigenständige Plattform
Energiewirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Ladeinfrastruktur • erneuerbare Energien • Smart Grid
Marktcharakteristik	<ul style="list-style-type: none"> • erhöhter Wettbewerb • Kooperationen • Marktdurchdringung Elektrokleinstfahrzeuge

Tabelle 4.2-3: Übersicht der Einflussbereiche und -faktoren des lokalen Umfelds der Elektromobilität (eigene Darstellung)

Nachfolgend werden die identifizierten Einflussfaktoren zu jedem Einflussbereich beschrieben. Dabei erfolgen zuerst eine Definition und ein Beispiel des Einflussfaktors. Danach wird auf die Bedeutung des Einflussfaktors im Kontext der Elektromobilität eingegangen. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung. Für den Fall, dass ein Einflussfaktor durch weitere Teilaspekte beeinflusst wird, wird außerdem eine Analyse der wesentlichen Wirkmechanismen durchgeführt. Außerdem werden gegebenenfalls Maßnahmen zur Förderung des Einflussfaktors erläutert.

4.2.1 Globaler Einflussbereich ‚Politik‘

Der Einflussbereich ‚Politik‘ umfasst mögliche monetäre Anreizmodelle für den Endkunden und staatliche Eingriffe durch Marktregulierungen oder Gesetze. Es wurden die folgenden sechs dazugehörigen Einflussfaktoren identifiziert, welche nun umfassend beschrieben werden.

1. Staatliche Förderung
2. Gesetze
3. Energie- und Klimapolitik
4. Regulierung
5. Standardisierung
6. Steuern und Abgaben

1. Staatliche Förderung

Definition: „Staatliche Förderung entspricht hier der finanziellen Unterstützung der Elektromobilität durch öffentliche Mittel.“

Beispiel: „Der Kauf eines BEV wird durch den Staat mit einem Zuschuss von 4000 Euro subventioniert und der Kauf eines Hybridfahrzeugs wird mit einer Summe von 3000 Euro gefördert.“

Bedeutung: Die staatliche Förderung übt einen wesentlichen Einfluss auf die Marktdurchdringung der Elektromobilität aus (vgl. BCG 2009, S. 9; vgl. PETERS ET AL. 2013, S. 72; vgl. FAZEL 2014, S. 18f.). Der noch hohe Preis ist oft ein Grund für die Entscheidung der Verbraucher gegen ein Elektroauto (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 38). Viele Staaten fördern deshalb den Kauf von Elektroautos, indem sie den Autokauf finanziell bezuschussen (s. PETERS ET AL. 2013, S. 12; s. FAZEL 2014, S. 19). Jedoch betrifft die staatliche Förderung nicht allein den Endkunden, sondern auch die Stromlieferanten und Automobilhersteller, welche ohne attraktive Anreize den Ausbau der benötigten Ladeinfrastruktur vernachlässigen würden (BCG 2009; FAZEL 2014). Sollten nur vereinzelt Regierungen ansprechende Förderprogramme betreiben, die sowohl den Autokauf als auch den Ausbau der nötigen Infrastruktur unterstützen, wäre zu

befürchten, dass Elektroautos scheitern werden (BCG 2009). Kritisch gesehen sind staatliche Fördermaßnahmen zwar hilfreich für die Durchdringung eines geo-graphisch begrenzten Marktes, allerdings werden die wesentlichen Rahmenbedingungen, um langfristig Vorteile zu schaffen, gleichzeitig vernachlässigt (FAZEL 2014).

Zusammenfassung: Es konnte aufgezeigt werden, dass eine staatliche Förderung hilfreich, wenn nicht sogar notwendig ist, um Elektroautos im Markt zu etablieren. Voraussetzung dafür ist, dass die angebotenen Förderprogramme sowohl für Endkunden als auch für die Industrie attraktiv genug gestaltet werden.

2. Gesetze

Definition: „Gesetze sind vom Staat festgelegte Privilegien im Bereich der Energiepolitik, die als Kaufanreiz wirken sollen.“

Beispiel: „Nutzer von Elektroautos sind privilegiert, die Bus- und Taxispuren im Verkehr zu nutzen.“

Bedeutung: Privilegien dienen als zusätzlicher Anreiz für den Kauf eines Elektroautos (s. WALLENTOWITZ ET AL. 2010, S. 160). Oftmals haben diese Privilegien Auswirkungen auf die entstehenden Kosten im Alltag (s. WALLENTOWITZ ET AL. 2010, S. 160; s. BROKATE ET. AL 2013, S. 13). So wird darüber nachgedacht, Nutzern von Elektroautos freies Parken oder kostenloses Aufladen der Batterie zu gewähren (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 14; s. WALLENTOWITZ ET AL. 2010, S. 160). Darüber hinaus stehen auch nichtmonetäre Anreize zur Diskussion, wie etwa das Einrichten von Sonderspuren für Elektroautos oder die Erlaubnis, Busspuren zu nutzen (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 77). Durch solche Anreize soll der wirtschaftliche Nachteil beim Erwerb eines Elektroautos anderweitig kompensiert werden (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 78). Auch wenn der Einfluss solcher Privilegien derzeit nicht messbar ist, sind sie für die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität von Relevanz (s. BROKATE ET. AL 2013, S. 14). So ist davon auszugehen, dass Elektromobilität besonders in den urbanen Gebieten durch zusätzliche Privilegien signifikant gefördert werden kann (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 78).

Zusammenfassung: Es kann bestätigt werden, dass Privilegien für Nutzer einen zusätzlichen Anreiz darstellen, um den Kauf eines Elektroautos zu tätigen. Wichtig dabei ist, dass die gewährten Privilegien einen deutlichen Mehrwert für den Endverbraucher darstellen und er von diesen tatsächlich profitieren kann. Zeitgleich dürfen andere verkehrspolitische Ziele durch diese nicht untergraben werden (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 78).

3. Energie- und Klimapolitik

Definition: „Energie- und Klimapolitik ist der Teilbereich der Politik, der die ökologischen Themen fokussiert.“

Beispiel: „Die CO₂-Emissionen für Kraftfahrzeuge werden auf 95 g/km beschränkt.“

Bedeutung: Der globale Energiebedarf wächst kontinuierlich (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 39). Dies ist durch das stetige Bevölkerungswachstum und die gleichzeitige Industrialisierung der Schwellenländer zu begründen (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 39). Auch die globale PKW-Motorisierung soll sich laut Experten bis zum Jahr 2050 verdreifachen und so für einen steigenden Energiebedarf sorgen (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 40). Gleichzeitig herrscht zunehmend Energieknappheit, wodurch die wirtschaftliche Bedeutung des Guts Energie wächst (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 40). Darüber hinaus wurde 2010 bei der 16. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention beschlossen, den globalen Temperaturanstieg bis 2050 auf 2 Grad Celsius zu begrenzen. Dies setzt eine Halbierung der weltweit emittierten Treibhausgase voraus (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 59). Die Bundesregierung entwickelte daraufhin ein Energiekonzept, welches bis 2050 eine zuverlässige, umweltschonende und bezahlbare Energieversorgung ermöglichen soll. Die Grundlage für die Erreichung dieses Ziels bildet die Fokussierung erneuerbarer Energien (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 50). Die erneuerbaren Energieträger unterliegen jedoch einer natürlichen Fluktuation (z. B. Wind, Sonne). Um Energie trotzdem bedarfsgerecht und fluktuationsunabhängig anbieten zu können, sind Energiespeicher notwendig, die je nach Bedarf elektrische Energie aufnehmen oder abgeben können und so das Netz stabilisieren. Auch Elektrofahrzeuge können in diesem Zuge als Energiespeicher dienen. (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 52)

Elektromobilität kann ferner durch die Ablösung der Verbrennungsmotoren dabei helfen, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 92). Aktuell ist die Umweltverträglichkeit eines Elektroautos über den gesamten Lebenszyklus nur unwesentlich besser als die eines konventionell angetriebenen Fahrzeugs (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 92; s. PETERS ET AL. 2013, S. 247f). Um eine größtmögliche Umweltfreundlichkeit zu gewährleisten, muss die Energieversorgung des Elektromobils – während der Produktion und des Betriebs – ebenfalls durch erneuerbare Energien erfolgen (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 92; s. Peters et al. 2013, S. 248). Ebenso kann davon ausgegangen werden, dass die Umweltverträglichkeit eines Elektrofahrzeugs mit der Optimierung der Produktionsprozesse weiter verbessert werden kann (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 93). Die EU sieht vor, dass Neuwagen ab dem Jahr 2020 maximal 95 Gramm CO₂/km ausstoßen dürfen (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 57). Dies ist laut dem Verband der Automobilindustrie nur durch eine Elektrifizierung der Antriebe zu erreichen.

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass Elektromobilität helfen kann, energie- und umweltpolitische Ziele zu erreichen. In Verbindung mit immer strengeren Umweltgesetzen und dem Ausbau regenerativer Energien kommt der Elektromobilität eine bedeutende Rolle zu, wenn es um die weltweite Senkung von Treibhausgasemissionen geht. Umgekehrt profitiert die Elektromobilität vom wachsenden globalen Umweltbewusstsein (FAZEL 2014).

4. Regulierung

Definition: „Regulierung meint die Beeinflussung des Verhaltens der Marktteilnehmer durch Marktinstrumente, um Marktversagen, z.B. durch den Missbrauch von Monopolstellungen, zu vermeiden.“

Beispiel: „Batteriepreise werden im Sinne der Höchstpreisregulierung angepasst, um Preisnachteile von Elektrofahrzeugen auszugleichen.“ (Der Begriff der Höchstpreisregulierung bezeichnet eine Methode zur Regulierung von natürlichen Monopolen (s. OLTEN 1995, S. 154 ff.).)

Bedeutung: Staatliche Regulierung wird infolge von drei möglichen Formen von Marktversagen notwendig. Diese sind natürliche Monopole, negative Externalitäten und Informationsasymmetrien (s. BENZ 2007, S. 74). Natürliche Monopole entstehen, wenn ein Geschäftsmodell an eine bestehende Infrastruktur, wie z. B. das Eisenbahnnetz, gebunden ist, dessen Kosten mit zunehmender Auslastung nur unwesentlich ansteigen (s. BENZ 2007, S. 74). Dieses Prinzip gilt auch für die Ladeinfrastruktur der Elektromobilität, deren Ausbau daher einer Regulierung bedarf.

Negative Externalitäten sind bedingt durch die Abwälzung von Lasten und die damit verbundene Erzeugung sozialer Kosten. Der Schadstoffausstoß eines produzierenden Konzerns kann beispielsweise als negative Externalität angesehen werden, wenn er die Produkte benachbarter Landwirte schädigt. (s. BENZ 2007, S. 75) Auch die negativen Externalitäten des Schadstoffausstoßes von Verbrennungsmotoren müssen bei der Förderung der Elektromobilität durch Regulierung berücksichtigt werden.

Informationsasymmetrien treten dann auf, wenn Konsumenten den Wert und die Qualität eines Produkts nicht oder nur schlecht einschätzen können (s. BENZ 2007, S. 75f.). So sind Patienten beispielsweise nicht in der Lage, die Wirkung von Medikamenten zu beurteilen. Dies kann durch Hinweis- und Aufklärungspflichten reguliert werden. (s. Benz 2007, S. 75) Bezogen auf die Elektromobilität könnte die Ladeinfrastruktur zum Bestandteil des Stromnetzes gemacht werden und somit unter die Regulierung und Kontrolle der Bundesnetzagentur fallen (FOCHT 2016). Dies würde Transparenz bezüglich Kosten und Qualität schaffen sowie einen einfachen Zugang für Verbraucher und eine planvolle Erweiterung der Ladeinfrastruktur begünstigen (FOCHT 2016).

Zusammenfassung: Die Regulierung des Ausbaus von Elektromobilität bildet eine wichtige Ergänzung zur reinen Förderung derselben. Dabei ist frühzeitiges Handeln erforderlich, um die langfristige Stabilität sowie Kontinuität des Wachstums der Elektromobilität zu gewährleisten.

5. Standardisierung

Definition: „Standardisierung meint die Vereinheitlichung von Normen zur Schaffung eines gemeinsamen Standards, die zu einer Erhöhung der globalen Akzeptanz beitragen kann.“

Beispiel: „Es findet eine Vereinheitlichung der Ladetechniken, Ladestecker und Abrechnungskonzepte statt.“

Bedeutung: Standardisierung innerhalb der Elektromobilität birgt sowohl für die Wirtschaft als auch für den Endkunden einen großen Mehrwert (vgl. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 124f.). Eine frühzeitig international anerkannte Normung erleichtert den grenzübergreifenden Warenaustausch und verhindert, dass Staaten – bedingt durch unterschiedliche industriepolitische Interessen – einer Anpassung der Standards gesetzlich entgegenwirken (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 106). Die Standardisierung von Komponenten hilft außerdem bei der Verringerung der Komplexität (s. A.T. KEARNEY 2009, S. 6). Eine erste Einigung in Bezug auf verwendete Standards konnte bereits erzielt werden. Innerhalb Europas verständigten sich die Automobilhersteller auf die Verwendung des Ladesteckers Typ-2, des sogenannten „Mennekes-Steckers“. Auch die japanischen und amerikanischen Hersteller stimmten zu, bis 2017 alle Fahrzeuge für den europäischen Markt mit dem Ladestecker Typ-2 auszustatten. (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 106f.)

Aus der Kundenperspektive steigert die Standardisierung vor allem die Benutzerfreundlichkeit und die Akzeptanz für Elektromobilität (vgl. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 107). Weiterhin kann der Markt durch Standardisierung offener und günstiger gestaltet werden. Zusätzlich hätte dies positive Auswirkungen auf Wartungs- und Reparaturkosten für den Nutzer. Auch die Funktionalität und Qualität des Fahrzeugs kann durch standardisierte Anforderungen an Material und Qualitätssicherung sichergestellt werden. (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 107)

Zusammenfassung: Es konnte veranschaulicht werden, inwiefern die Standardisierung das Potenzial hat, die Akzeptanz und das Vertrauen der Kunden in die Elektromobilität zu stärken (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 107). Für die weitere Verbreitung von Standards ist es notwendig, dass die beteiligten Akteure des Elektromobilitätsmarktes ein gemeinsames Verständnis für diesen haben bzw. entwickeln und die Vorteile einer international einheitlichen Normung erkennen.

6. Steuern und Abgaben

Definition: „Steuern und Abgaben dienen der Finanzierung der öffentlichen Hand und unterliegen dem Non-Affektationsprinzip.“

Beispiel: „Sonderregelungen für die Elektromobilität verringern die steuerliche Belastung der Nutzer.“

Bedeutung: Ein Teil der laufenden Kosten von PKW sind die Steuern, die der Nutzer entrichten muss (s. PETERS ET AL. 2013, S. 174). Durch eine Senkung der Steuerbelastung für Nutzer von Elektroautos, legitimiert durch kleinere negative Externalitäten des Elektroautos im Vergleich zu Benzin- oder Dieselfahrzeugen, kann ein zusätzlicher Kaufanreiz geschaffen werden (vgl. PETERS ET AL. 2013, S. 262; vgl. A.T. KEARNEY 2009, S. 4). Jedoch ist die langfristige Gewährung von Steuernachlässen wirtschaftspolitisch problematisch. Langfristig ist weiterhin mit einem Kostennachteil der Elektromobilität zu rechnen, was die stetige Subvention mittels Steuern zur Erreichung der Umweltschutz- und Mobilitätsziele zu einem kostenintensiven Instrument macht (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 88).

Zusammenfassung: Es ist dargestellt worden, dass Steuernachlässe für die Nutzer von Elektrofahrzeugen eine positive Wirkung auf die Marktdurchdringung der Elektromobilität haben können, auch wenn dieses Instrument nicht sehr effizient ist. Um die Wirkung zu verstärken, erscheint es notwendig, die gewährten Vorteile offen zu kommunizieren und auch auf die laufenden Kosten von Kraftfahrzeugen aufmerksam zu machen.

4.2.2 Globaler Einflussbereich ‚Ökonomie‘

Der Einflussbereich ‚Ökonomie‘ umfasst vor allem Faktoren, welche die Wirtschaftlichkeit eines Elektroautos beeinflussen. Es wurden folgende sechs zugehörige Einflussfaktoren identifiziert, welche nun umfassend beschrieben werden.

1. Ölpreis
2. Strompreis
3. Batteriepreis
4. Total Cost of Ownership (TCO)
5. Wechselkurs
6. Wettbewerb

1. Ölpreis

Definition: „Der Ölpreis ist als Bestandteil der Kraftstoffpreisentwicklung relevant für die laufenden Kosten von Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben und hat außerdem Auswirkungen auf die Energieerzeugungskosten.“

Beispiel: „Durch einen Anstieg des Ölpreises gleichen sich die Gesamtkosten von Elektroautos den Kosten von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren an.“

Bedeutung: Dem Ölpreis kommt bei der Entwicklung der Elektromobilität eine wichtige Rolle zu (s. ESMT 2011, S. 31). Insbesondere beeinflusst der Ölpreis den Kraftstoffpreis und somit die laufenden Kosten für die konventionell angetriebenen Fahrzeuge (s. BCG 2009, S. 4f.). Eine Steigerung des Kraftstoffpreises führt folglich dazu, dass der Preisnachteil eines Elektroautos über den gesamten Lebenszyklus verringert wird (s. ESMT 2011, S. 31; s. BCG 2009, S. 4f.). Weiterhin kann ein steigender Ölpreis Auswirkungen auf die Energiegewinnung der Staaten ohne eigene Ölvorkommen haben und die Energiewende hin zu den erneuerbaren Energien beschleunigen (s. ESMT 2011, S. 31; s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 1). Durch den weltweit steigenden Energiebedarf aufgrund der wachsenden Bevölkerung und Industrialisierung von Schwellenländern bei gleichbleibender Fördermenge von Erdöl kann davon ausgegangen werden, dass der Ölpreis in Zukunft ansteigen wird (vgl. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 38f.; vgl. ESMT 2011, S. 31; vgl. DEUTSCHE BANK 2009, S. 74).

Zusammenfassung: Der Ölpreis hat vor allem Auswirkungen auf die laufenden Kosten von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren. Er kann bewirken, dass deren Preisvorteil auf Dauer schwindet, was wiederum zu einer höheren Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen führen würde.

2. Strompreis

Definition: „Der Strompreis setzt sich aus den Kosten für Stromerzeugung, Netznutzung sowie Steuern und Abgaben zusammen und ist das Entgelt für die Belieferung mit elektrischer Energie.“

Beispiel: „Durch einen steigenden Strompreis steigen auch die laufenden Kosten von Elektroautos.“

Bedeutung: Neben dem Ölpreis ist auch der Strompreis für die Marktdurchdringung der Elektromobilität relevant, da dieser sich auf die laufenden Kosten von Elektroautos auswirkt (s. ESMT 2011, S. 32). Der tatsächliche Preis hängt dabei stark von den benutzten Quellen zur Stromerzeugung und der Steuerbelastung des jeweiligen Landes ab (s. VALENTINE-URBSCHAT

U. BERNHART 2009, S. 63). Die Energiekosten eines Elektrofahrzeugs sind aktuell geringer als die Energiekosten von konventionellen Fahrzeugen (s. HACKER ET AL. 2014, S. 57). Laut Expertenvorhersage fällt der Anstieg des Strompreises bis 2020 moderat aus (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 131f.). Aus Sicht der Verbraucher negativ beeinflusst wird der Strompreis durch eine steigende Nachfrage, unter anderem begünstigt durch ansteigende Brennstoff- und CO₂-Preise sowie durch den notwendigen Netzausbau in Folge der zunehmend dezentralen und schwankenden Einspeisung des Stroms durch Erzeugung aus erneuerbaren Energien (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 132f.).

Maßnahmen: Maßnahmen zur Verbesserung des Einflussfaktors Strompreis sind, wie oben beschrieben, unter anderem eine Effizienzsteigerung in der Stromgewinnung und die Stromverteilung durch intelligente Netze.

Zusammenfassung: Es wurde gezeigt, dass der Strompreis die Gesamtkosten eines Elektrofahrzeugs über den gesamten Lebenszyklus mitbestimmt. Die Entwicklung des Strompreises ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig.

3. Batteriepreise

Definition: „Der Batteriepreis beschreibt den durchschnittlichen Preis eines Akkumulators in Abhängigkeit von der Kapazität desselben [€/ kWh].“

Beispiel: „Durch hohe Batteriepreise können Elektrofahrzeuge hinsichtlich der Anschaffungskosten nicht mit konventionell betriebenen Fahrzeugen konkurrieren.“

Bedeutung: Batteriepreise haben einen großen Einfluss auf die Anschaffungskosten eines Elektrofahrzeugs (s. ESMT 2011, S. 32). Dies betrifft insbesondere rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge sowie Fahrzeuge mit Range-Extender (s. ESMT 2011, S. 32). Der Anteil der Batteriekosten an den Gesamtkosten von bis zu 40 Prozent benachteiligt Elektroautos bei der Gewinnung von Marktanteilen (s. ESMT 2011, S. 32). Im Jahr 2014 beliefen sich die Batteriekosten pro Kilowattstunde Kapazität auf ca. 600 bis 1200 Euro (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 100). Übertragen auf ein kleines Elektroauto mit 100 km Reichweite entspricht das Batteriekosten von 10.000 bis 15.000 Euro (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 100).

Je mehr Forschung Unternehmen an neuen Technologien betreiben, desto geringer sind die zu erwartenden Kosten (s. ESMT 2011, S. 32). Außerdem führen höhere Stückzahlen zu Skaleneffekten und geringeren Herstellungskosten (s. ESMT 2011, S. 32). Ebenso kann eine Senkung der Fertigungskosten durch staatliche Zuschüsse für angewandte Forschung erwartet werden (s. ESMT 2011, S. 32).

Zusammenfassung: Ohne Zweifel sind die Batteriekosten ein Erfolgsfaktor für die Elektromobilität. Durch Skaleneffekte und teils subventionierte Forschung ist eine positive Beeinflussung des Einflussfaktors möglich.

4. Total Cost of Ownership

Dieser Einflussfaktor weist eine hohe Ähnlichkeit zu dem lokalen Einflussfaktor „Kosten“ auf und wird in Kapitel 4.2.7 ausführlich erläutert.

5. Wechselkurs

Definition: „Der Wechselkurs beschreibt das Wertverhältnis zweier Währungen. Dieses wird angegeben, indem der Preis durch eine andere Währungseinheit ausgedrückt wird.“

Beispiel: „Die Schwankungen der Wechselkurse beeinflussen die Importkosten von Fahrzeug-einzelteilen sowie von Rohstoffen und dadurch auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit eines Landes.“

Bedeutung: Währungen und Wechselkurse sind in Zeiten der Globalisierung von hoher wirtschaftlicher Bedeutung, da durch vermehrten internationalen Handel ebenso die grenzüberschreitenden Zahlungen zunehmen (s. DEUTSCHE BANK 2014, S. 4). Werte heute üblicher flexibler Wechselkurse werden allein durch Angebot und Nachfrage bestimmt (s. DEUTSCHE BANK 2014, S. 6). Je mehr Marktteilnehmer eine bestimmte Währung in eine zweite Währung umtauschen wollen, desto mehr steigt der Wert der zweiten Währung im Vergleich zur ersten (s. DEUTSCHE BANK 2014, S. 6). Zu den größten Marktteilnehmern zählen große Konzerne, die international Waren und Dienstleistungen importieren oder exportieren (s. DEUTSCHE BANK 2014, S. 3). Verkauft beispielsweise ein deutscher Automobilhersteller seine Fahrzeuge im Ausland, wird der Umsatz in der jeweiligen Fremdwährung erzielt und anschließend in Euro umgewandelt (s. DEUTSCHE BANK 2014, S. 3). Der zugrundeliegende Wechselkurs hat somit starken Einfluss auf den tatsächlichen Umsatz des Unternehmens (s. DEUTSCHE BANK 2014, S. 3). Bezogen auf die Elektromobilität können Wechselkurse den Handel mit Rohstoffen, Komponenten und auch fertigen PKW finanziell erleichtern oder auch erschweren.

Zusammenfassung: Wechselkurse beeinflussen alle Teilbereiche des internationalen Handels und somit auch den Markt für Elektromobilität. Sie können den Erfolg inländischer und ausländischer Unternehmen im Aus- bzw. Inland entscheidend beeinflussen und so die Marktdurchdringung der Elektromobilität verzögern oder beschleunigen.

6. Wettbewerb

Dieser Einflussfaktor weist eine hohe Ähnlichkeit mit dem lokalen Einflussfaktor „Erhöhter Wettbewerb“ auf und wird in Kapitel 4.2.11 ausführlich erläutert.

4.2.3 Globaler Einflussbereich ‚Umwelt‘

Der Einflussbereich ‚Umwelt‘ umfasst Faktoren auf individueller und gesellschaftlicher Ebene, welche insbesondere den globalen Klimawandel und die Ressourcenverfügbarkeit betreffen. Es wurden folgende sechs zugehörige Einflussfaktoren identifiziert, welche nun umfassend beschrieben werden.

1. Nachhaltigkeit
2. Klimawandel
3. Umweltbewusstsein
4. Ressourcenverfügbarkeit
5. Recycling

1. Nachhaltigkeit

Definition: „Nachhaltigkeit meint den Umgang mit Ressourcen und Produkten entlang des gesamten Lebenszyklus, sodass die natürliche Umwelt in ihren wesentlichen Eigenschaften langfristig erhalten bleibt.“

Beispiel: „Der nachhaltige Umgang mit Ressourcen ist eine Voraussetzung für eine umweltfreundliche Technologie. Dazu gehören u. a. Recycling, Prozessoptimierung oder der Energiebezug aus erneuerbaren Energien.“

Bedeutung: Elektroautos sind auf den ersten Blick eine umweltfreundliche Alternative zu PKW mit Verbrennungsmotoren. Jedoch verursachen vor allem die Batterieproduktion und der Betrieb von Elektrofahrzeugen eine nicht zu vernachlässigende Umweltbelastung. Zur Produktion der in Elektrofahrzeugen hauptsächlich verwendeten Lithium-Ionen-Akkumulatoren, welche auch in Smartphones und Notebooks Verwendung finden, wird Lithiumcarbonat benötigt (s. MÄHLER 2015). Die bekanntesten Lithiumcarbonat-Reserven befinden sich in Bolivien, Argentinien und Chile in Form von Salzseen, welche bis jetzt weitestgehend unberührt blieben (s. MÄHLER 2015). Eine rasche Steigerung der Produktion von Elektrofahrzeugen würde eine erhöhte Nachfrage nach Lithiumcarbonat nach sich ziehen, die auf Dauer mit einer Beschädigung und eventuell einer Zerstörung der vorhandenen Seen einhergehen könnte (s. MÄHLER 2015). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, mit der Ressource Lithium nachhaltig umzugehen, um einerseits die

Erhaltung der Natur zu gewährleisten und andererseits den steigenden Bedarf an Lithium zu decken. Eine wichtige Rolle spielt hierbei auch die Wiederverwendung bzw. -verwertung von Altbatterien (vgl. RISCHER 2016). Forscher der TU Bergakademie Freiberg haben bspw. ein Verfahren zur Wiederverwertung der Lithiumanteile in Batterien entwickelt, das ihnen erlaubt, Lithium zu marktüblichen Kosten zu gewinnen (s. RISCHER 2016).

Auch wenn Elektrofahrzeuge in Bezug auf den Lebenszyklus schon jetzt umweltfreundlicher als PKW mit Verbrennungsmotoren sind, sind die Umweltbelastungen durch den Betrieb von Elektroautos angesichts des aktuellen Strommixes immer noch groß (s. PUDENZ 2010; s. BMUB 2017, S. 2; s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 92). Die Klimavorteile von Elektroautos werden durch das Voranschreiten der Energiewende zukünftig wachsen (s. BMUB 2017).

Zusammenfassung: Es besteht großes Potenzial, die Elektromobilität nachhaltiger zu gestalten und somit die Umwelt langfristig zu schonen. Je eher nachhaltige und umweltschonende Ressourcen- und Energiegewinnung umgesetzt werden können, desto eher kann davon ausgegangen werden, dass letzte Zweifel am Kauf eines Elektroautos beseitigt werden und diese sich erfolgreicher am Markt platzieren können.

2. Klimawandel

Definition: „Der Klimawandel ist die Verschiebung der Klimazonen durch einen anthropogenen Eingriff in die Natur.“

Beispiel: „Der globale Klimawandel treibt die Entwicklung der Elektromobilität voran, da diese einen signifikanten Beitrag zur CO₂-Reduktion leisten kann.“

Bedeutung: Aufgrund des globalen Bevölkerungswachstums und einer voranschreitenden Industrialisierung in Schwellenländern, die zu einer erhöhten Motorisierung der Gesellschaft führt, steigt der weltweite Energiebedarf stetig an (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 39f.). Durch die Ablösung von Verbrennungsmotoren können batteriebetriebene Fahrzeuge dabei helfen, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 92). Zurzeit ist die Umweltbilanz eines Elektroautos über den gesamten Lebenszyklus nur unwesentlich besser als die eines konventionell angetriebenen Fahrzeugs (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 92; s. PETERS ET AL. 2013, S. 247f.). Klimaschutz durch Elektromobilität ist nur möglich, wenn Produktion und Betrieb von Elektrofahrzeugen auf erneuerbaren Energien beruhen (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 92). Es kann vermutet werden, dass Elektroautos, sobald die Umweltbilanz über ihren gesamten Lebenszyklus deutlich geringer ist als die von PKW mit Verbrennungsmotoren, stärker nachgefragt werden, um dem Klimawandel entgegenzuwirken.

Zusammenfassung: Unter den richtigen Voraussetzungen kann die Elektromobilität einen Teil dazu beitragen, dass sich der Klimawandel weniger schnell vollzieht, indem konventionell angetriebene Fahrzeuge durch batteriebetriebene Fahrzeuge ersetzt werden. Notwendig für einen signifikanten Vorteil seitens Elektroautos ist allerdings ein Strommix, der zu hohem Maße aus erneuerbaren Energien erzeugt wird.

3. Umweltbewusstsein

Definition: „Umweltbewusstsein ist jener Teil der psychischen Prägung des Menschen, der sich mit Fragestellungen und Maßnahmen beschäftigt, die in Bezug zur natürlichen Umwelt stehen. Sie besteht aus umweltorientierten Kenntnissen, Einstellungen, Werten und Verhaltensbereitschaft.“

Beispiel: „Ein hohes Umweltbewusstsein führt gegebenenfalls zur Nutzung von Ökostrom oder zum Umstieg auf nachhaltige Antriebe.“

Bedeutung: Eine Studie zeigt, dass die Nutzung von Elektro- und Hybrid-Antrieben laut Käufern von Kraftfahrzeugen die sinnvollste Maßnahme zur Verringerung der gesamten Schadstoffbelastung ist (s. ARAL 2015, S. 19). Insgesamt gaben 58 Prozent der Befragten an, dass Elektro- bzw. Hybridautos hierfür sinnvoll oder sehr sinnvoll sind. Lediglich 16 Prozent sehen in dieser Maßnahme wenig Potenzial (s. ARAL 2015, S. 19). Auf die Frage, welche Antriebsart in den nächsten zehn Jahren einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz leisten kann, wiesen 67 Prozent der Befragten dem Elektromotor und 62 Prozent dem Hybridmotor eine hohe Bedeutung zu (s. ARAL 2015, S. 18). Nur 9 Prozent bzw. 8 Prozent der Befragten gehen von einem geringen bzw. sehr geringen Einfluss aus (s. ARAL 2015, S. 18). Dagegen halten die Befragten den Beitrag von Diesel- und Ottomotoren auf den Umweltschutz mit jeweils 56 Prozent für gering oder sehr gering (s. ARAL 2015, S. 18). Trotz der deutlichen Ergebnisse hinsichtlich des Potenzials zur Schadstoffminderung geben nur 2 Prozent der Teilnehmer an, dass ihr nächstes Auto rein elektrisch angetrieben werden soll (s. ARAL 2015, S. 17). Das Interesse an Hybrid-Antrieben hat sich jedoch mit einem aktuellen Anteil von 11 Prozent fast verdoppelt (s. ARAL 2015, S. 17). An dieser Diskrepanz lässt sich erkennen, dass der Vorteil von elektrisch und hybrid angetriebenen Fahrzeugen in Bezug auf den Umweltschutz seitens der Nutzer erkannt wird, aber nicht das ausschlaggebende Kriterium beim Autokauf ist. Dies belegt die Umfrage, da nur 20 Prozent der Autokäufer angeben, dass die Umweltfreundlichkeit ein entscheidender Grund beim Kauf eines Fahrzeugs ist (s. ARAL 2015, S. 13). Sollte die Bedeutung der Umweltfreundlichkeit für die Kaufentscheidung steigen, ist anzunehmen, dass dies zu einer höheren Anzahl verkaufter Elektroautos führt.

Zusammenfassung: Das Potenzial zur Umweltfreundlichkeit, welches Hybrid- und Elektromotoren besitzen, ist weitläufig bekannt. Jedoch spielt dies für die Kaufentscheidung eine aktuell eher geringe Rolle. Die Elektromobilität profitiert, sobald der Umweltschutz mehr in den Fokus der Käufer rückt.

4. Ressourcenverfügbarkeit

Definition: „Die Ressourcenverfügbarkeit meint die global verfügbare, das heißt technisch und wirtschaftlich abbaubare Menge von Ressourcen bzw. Rohstoffvorkommen.“

Beispiel: „Die Ressourcenverknappung kann zum Engpass in der Energieversorgung führen und die Versorgungssicherheit der Elektromobilität einschränken.“

Bedeutung: Einer der wichtigsten Gründe, um einen Wechsel von konventionell zu elektrisch angetriebenen Fahrzeugen zu vollziehen, ist die langfristig nicht zu vermeidende Knappheit des Erdöls in Verbindung mit der Abhängigkeit von den Öl-Erzeugerstaaten (s. PWC 2012, S. 127). Einige Szenarien gehen davon aus, dass bis zum Jahr 2034 der sogenannte Peak Oil erreicht ist (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 44). Der Peak Oil beschreibt den Zeitpunkt, an dem das Fördervolumen von Erdöl sein Maximum erreicht und anschließend stetig sinkt (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 43). Um ihren Absatz auf lange Zeit abzusichern, müssen Automobilhersteller deshalb ihre Produkte unabhängig vom Erdöl gestalten (s. FAZEL 2014, S. 10). Die Elektromobilität hat das Potenzial, eine geeignete und ressourcenschonende Alternative zu konventionellen Antrieben zu bieten (s. FAZEL 2014, S. 10). Dem Einsparpotenzial hinsichtlich des Rohstoffs Öl steht der derzeitige Bedarf des Rohstoffs Lithium gegenüber, welcher in den Batterien der Elektrofahrzeuge Anwendung findet. Der globale Gesamtfahrzeugbestand beträgt in etwa eine Milliarde Fahrzeuge. Laut TAHIL müssten für die Produktion von einer Milliarde Plug-in-Hybriden, in denen eine 5-kWh-Lithium-Batterie eingebaut ist, 20 Prozent der gesamten Lithiumreserven verbraucht werden (s. TAHIL 2007, S. 18; TEICHMANN ET AL. 2012). Für die gleiche Anzahl rein elektrisch angetriebener Autos erhöht sich der Anteil auf über 50 Prozent des vorhandenen Lithiums (s. TAHIL 2007, S. 19). Es ist davon auszugehen, dass es bei unveränderter Batterietechnologie und einer steigenden Anzahl von produzierten Elektrofahrzeugen langfristig zu einer Lithium-Knappheit kommen wird.

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die Elektromobilität sowohl Lösung als auch Ursache für eine spezifische Ressourcenknappheit sein kann. Um den durch die Elektromobilität verursachten Bedarf an Lithium zu senken, müssen Fortschritte in der Batterietechnologie und -produktion erzielt werden.

5. Recycling

Definition: „Recycling ist die Aufbereitung von Abfall zu Sekundärrohstoffen. Diese Wiederverwendung schont den Ressourcenbedarf und verringert die Umweltbelastung.“

Beispiel: „Die Komponenten eines Elektroautos können in ihre ursprünglichen Wertstoffe zerlegt werden und diese können wiederverwendet werden.“

Bedeutung: Hinsichtlich der zu erwartenden Ressourcenknappheit – z. B. im Bereich des Lithiums – ist die Entwicklung von Recyclingverfahren unbedingt notwendig (s. PWC 2012, S. 69). Bestehende Verfahren sind besonders energie- und kostenaufwendig und ermöglichen darüber hinaus nicht die Wiedergewinnung aller Bestandteile einer Batterie (s. GELLNER ET AL. 2015, S. 26). Die TU Bergakademie Freiberg hat ein Recyclingverfahren entwickelt, welches sowohl wirtschaftlich vertretbar ist als auch die zu erwartenden Mengen an Altbatterien nach gesetzlicher Vorgabe verarbeiten kann (s. GELLNER ET AL. 2015, S. 26). Um allerdings eine ganzheitliche Wiederverwertung sicherzustellen, müssen zudem Maßnahmen zur Sammlung, Verteilung und Abnahme der erzeugten Wertstoffe entwickelt werden (s. GELLNER ET AL. 2015, S. 29). Ausschlaggebend für den langfristigen Erfolg von Recyclingverfahren ist die Weiter- bzw. Neuentwicklung von Batterietechnologien sowie die Lebensdauer der eingesetzten Batterien (s. GELLNER ET AL. 2015, S. 29). Das Recycling sollte, um einen Beitrag zur Verringerung der Umweltbelastung zu leisten, außerdem weniger Schadstoffe als der Prozess der Erstgewinnung erzeugen. Je effizienter Bestandteile wiedergewonnen werden können, desto eher ist zu vermuten, dass Elektroautos auch langfristig eine relevante Rolle in der Mobilität einnehmen werden.

Zusammenfassung: Mittels Recycling kann der Ressourcenknappheit entgegengewirkt werden. Angewandte Verfahren sollten dabei wirtschaftlich durchzuführen sein und einen geringeren Energiebedarf als die Gewinnung der Rohstoffe aus der Natur haben. Eine effiziente Möglichkeit zur Wiederverwertung der Komponenten eines Elektroautos würde dessen Bedeutung für die Umwelt unterstreichen.

4.2.4 Globaler Einflussbereich ‚Gesellschaft‘

Der Einflussbereich ‚Gesellschaft‘ umfasst Faktoren, welche sowohl allgemeine gesellschaftliche Entwicklungen als auch Aspekte der Elektromobilität aus der Perspektive der Kunden beschreiben. Es wurden folgende acht zugehörige Einflussfaktoren identifiziert, welche nun umfassend beschrieben werden.

1. Wertewandel
2. Demographischer Wandel
3. Mobilitätsverhalten
4. Sensibilisierung
5. Urbanisierung
6. Metropolisierung
7. Nutzerakzeptanz

1. Wertewandel

Definition: „Der Wertewandel bezeichnet die Änderung der gesellschaftlichen und moralischen Wertvorstellungen.“

Beispiel: „Die Wertvorstellungen beziehen sich nicht mehr nur auf das Automobil als Statussymbol. Die Befriedigung des Mobilitätsbedürfnisses der Nutzer steht im Vordergrund.“

Bedeutung: Es konnte beobachtet werden, dass besonders in Großstädten eine Demotorisierung erfolgt (s. FAZEL 2014, S. 16). Grund dafür ist, dass sich die Präferenzen der Verbraucher verschieben (s. BORGHUIS 2013, S. 6). Ein Auto dient immer weniger als Statussymbol und auch das Verlangen nach dem Besitz eines Autos nimmt vor allem bei jüngeren Menschen ab (FAZEL 2014). Im Vordergrund stehen Funktionalität und Nachhaltigkeit (s. RENNHAKE ET AL. 2013, S. 10). In der Bevölkerung wächst – auch durch Ereignisse wie die Atomkatastrophe in Fukushima – ein neues Bewusstsein heran, welches ein Treiber für den Erfolg von neuen Antriebsmöglichkeiten ist (s. RENNHAKE ET AL. 2013, S. 10). Außerdem erfreuen sich neue Mobilitätsdienstleistungen zunehmender Beliebtheit. Angebote wie Car-Sharing oder E-Bike-Verleih bieten eine hohe Flexibilität und ersparen dem Nutzer die teure Investition und die Pflege des Fahrzeugs (s. FAZEL 2014, S. 16). Weiterhin nimmt die Bedeutung anderer Güter im Leben der Verbraucher stark zu, sodass diese sich zwischen einem eigenen Auto und beispielsweise Wohnraum, Mobilfunk oder Elektronik entscheiden müssen (s. FAZEL 2014, S. 16; s. BORGHUIS 2013, S. 6). Dies führt zu einer Abnahme der Zahlungsbereitschaft für den Kauf und den Unterhalt eines Fahrzeugs (s. FAZEL 2014, S. 16).

Zusammenfassung: Vor allem jüngere Leute legen immer weniger Wert auf ein Auto als Statussymbol. Immer wichtiger werden Sparsamkeit und Umweltverträglichkeit der Fortbewegungsmittel (s. RENNHAKE ET AL. 2013, S. 10). Die veränderte Wahrnehmung der Nutzer kann für den Erfolg von Elektromobilität von großer Bedeutung sein (vgl. RENNHAKE ET AL. 2013, S. 10). Je benutzerfreundlicher die Nutzung von Elektroautos wird, umso stärker wird sich dieser Wertewandel vermutlich auch in der Marktdurchdringung der Elektromobilität niederschlagen (vgl. RENNHAKE ET AL. 2013, S. 10).

2. Demographischer Wandel

Definition: „Der demographische Wandel beschreibt die Bevölkerungsentwicklung innerhalb einer bestimmten Region.“

Beispiel: „Zunehmendes Bevölkerungswachstum sowie steigende Lebenserwartungen verändern die Anforderungen an die Infrastruktur.“

Bedeutung: Die Notwendigkeit in der Entwicklung und Nutzung alternativer Antriebsarten ergibt sich unter anderem aus dem stetig zunehmenden weltweiten Bevölkerungswachstum (s. RENNHAK ET AL. 2013, S. 9). Dieses ist bedingt durch hohe Geburtenraten in Entwicklungsländern und die steigende Lebenserwartung in besser entwickelten Ländern (s. RENNHAK ET AL. 2013, S. 9). Es wird mit einer Gesamtbevölkerung von über neun Milliarden Menschen im Jahr 2050 gerechnet (s. RENNHAK ET AL. 2013, S. 9; s. FAZEL 2014, S. 13). Dabei entfällt der Großteil des Wachstums auf Schwellen- und Entwicklungsländer. Deren Bevölkerungszahl soll von aktuell 5,9 auf 8,5 Milliarden steigen, wohingegen das Wachstum der Industrieländer bei ca. 1,3 Milliarden Menschen stagnieren soll (s. SHELL 2014, S. 8). Dieses Wachstum geht mit einer zunehmenden Motorisierung einher, vor allem in den Schwellenländern. Besonders in China und Russland, aber auch in Polen und der Türkei nimmt die Motorisierung stetig zu (s. SHELL 2014, S. 8). Dies geschieht zwar auch in hochentwickelten Ländern, jedoch mit einer geringeren Geschwindigkeit. (s. SHELL 2014, S. 8). Die weltweite PKW-Flotte hat aktuell eine ungefähre Größe von einer Milliarde Fahrzeugen (s. TAHIL 2007, S. 18). Bis zum Jahr 2050 wird eine Anzahl von weltweit zwei Milliarden PKW angenommen (s. SHELL 2014, S. 9). Um diesen Zuwachs umweltfreundlich und nachhaltig zu gestalten, ist eine veränderte Funktionsweise von Automobilen unausweichlich (vgl. SHELL 2014, S. 9). Für eine Fahrzeug-Flotte dieser Größe sind somit zukünftig nachhaltige und effizientere Antriebe notwendig (s. SHELL 2014, S. 9). Die Elektromobilität kann dabei helfen, diese Problematik zu lösen und ein sauberes Fahren zu ermöglichen.

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die zukünftige Entwicklung der Motorisierung mit konventionellen Antrieben nicht nachhaltig gestaltet werden kann. Der Elektromobilität kann in diesem Zuge eine signifikante Rolle zukommen, um den steigenden Bedarf an PKW, bedingt durch das stetige Bevölkerungswachstum, zu decken.

3. Mobilitätsverhalten

Definition: „Mobilitätsverhalten beschreibt das Verhalten von Endverbrauchern beim Kauf und bei der Nutzung von Mobilitätsgütern bzw. -leistungen.“

Beispiel: „Das individuelle Konsumverhalten (Nutzungshäufigkeit und Nutzungsdauer) hat einen signifikanten Einfluss auf benötigte Reichweite sowie akzeptierte maximale Ladezeiten.“

Bedeutung: Die stetige Steigerung des Bedarfs an motorisierter Mobilität und die Endlichkeit fossiler Ressourcen bedingen einen Wechsel der Antriebstechnik weg von den Verbrennungsmotoren (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27). Elektrische Antriebe scheinen zwar für den Fernverkehr, bedingt durch die nicht ausreichende Reichweite von Elektrofahrzeugen, weniger sinnvoll, bergen jedoch großes Potenzial für die Fortbewegung in Städten (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27). Die beschränkten Reichweiten und zeitintensiven Ladevorgänge der Elektrofahrzeuge verlieren bei innerstädtischer Nutzung ihren einschränkenden Charakter (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27).

Weiterhin bieten neue Mobilitätskonzepte, wie z.B. Carsharing, Nutzern die Möglichkeit, sich ohne eigenes Autos fortzubewegen (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27). Es konnte zudem eine vermehrte, spontane Nutzung des öffentlichen Verkehrs durch Carsharing-Nutzer beobachtet werden, wenn längere Strecken zurückgelegt werden mussten (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27). Solche kombinierten Verkehrslösungen führen dazu, dass der Parkraumbedarf innerhalb von Städten sinkt (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27). Weiterhin ist es denkbar, dass bei Weiterführung des Trends auf Pedelecs oder Elektroller bzw. Kleinstfahrzeuge zurückgegriffen werden kann und somit Staus vermieden werden können (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27). Eine weitere Folge der vermehrten Nutzung von Sharingangeboten in Verbindung mit Elektromobilität sind die damit einhergehende Verringerung von Schadstoff- und Lärmbelastungen (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27). Außerdem kann die Elektromobilität, z. B. in Form von Pedelecs, ältere Menschen dazu befähigen, länger mobil zu sein (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die Änderung des individuellen Mobilitätsverhaltens eine begünstigende Wirkung auf den Durchbruch der Elektromobilität haben kann. Besonders in Städten, in denen gewöhnlich kürzere Strecken zurückgelegt werden und eine gute öffentliche Verkehrsanbindung besteht, kann die Elektromobilität dabei helfen, die allgemeine Lebensqualität zu steigern (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27).

4. Sensibilisierung

Dieser Einflussfaktor weist eine hohe Ähnlichkeit mit dem lokalen Einflussfaktor „**Informationsstand zur Elektromobilität**“ auf und wird in Kapitel 4.2.7 ausführlich erläutert.

5. Urbanisierung

Definition: „Die Urbanisierung beschreibt die Ausbreitung städtischer Lebensformen und die Verdichtung menschlicher Siedlungen.“

Beispiel: „Die Elektromobilität wird überwiegend in Städten Verbreitung finden, da der Ausbau der Infrastruktur in ländlichen Gebieten nicht oder nur schleppend erfolgt.“

Bedeutung: Bis zum Jahr 2025 sollen 6,3 Milliarden Menschen in Städten leben (s. HÜTTL ET AL. 2010, S. 22). Diese Urbanisierung führt zu einer Konzentration des Verkehrs auf das städtische Gebiet, was wiederum mit sich bringt, dass die zurückgelegten Strecken immer kürzer werden (s. RENNHAKE ET AL. 2013, S. 9). Durch diesen Trend kommt es zu einer erheblichen Verdichtung des Straßenverkehrs, einem Mangel an Parkplätzen sowie einem Anstieg der ausgestoßenen Schadstoffe durch PKW. Die sich zurzeit stark entwickelnden BRICS-Staaten (Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika) sind bereits von einem solchen Platzmangel betroffen (HÜTTL ET AL. 2010). In diesen Ländern ist somit der Besitz eines oder gar mehrerer PKW, wie

in europäischen Ländern oftmals anzutreffen, nicht denkbar (s. RENNHAKE ET AL. 2013, S. 10). Doch auch in westlichen Ländern zeigt sich, dass der Trend in Richtung Urbanisierung geht. Bereits 60 Prozent der deutschen Bevölkerung leben in Städten (SPATH 2010). Vor allem in den neuen Bundesländern steigt dieser Anteil zunehmend (SPATH 2010).

Die Konsequenzen der Urbanisierung beinhalten großes Potenzial für die Elektromobilität (s. RENNHAKE ET AL. 2013, S. 10). Elektrisch angetriebene Fahrzeuge wirken dem Schadstoffausstoß innerhalb der Stadt entgegen und erfüllen gleichzeitig, bedingt durch die verkürzten Wege in Städten, die Reichweitenanforderungen der Nutzer (vgl. RENNHAKE ET AL. 2013, S. 10). Außerdem schreitet in Ballungsgebieten die Versorgung mit der nötigen Infrastruktur schneller voran (vgl. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2015, S. 9). Die größte Versorgungsdichte in Deutschland besitzen die Stadtstaaten Berlin, Hamburg und Bremen (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2015, S. 9). Städte bieten folglich bessere Voraussetzungen für den Betrieb elektrisch betriebener Fahrzeuge.

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die Urbanisierung und ihre Folgen Einfluss auf die Elektromobilität haben. In städtischen Gebieten kann sie helfen, den Schadstoffausstoß zu verringern. Weiterhin bieten Städte die beste Grundlage für eine ausreichende Infrastruktur.

6. Metropolisierung

Definition: „Unter Metropolisierung wird das rasante Wachstum einiger weniger Städte verstanden, sodass sich diese deutlich von den übrigen Städten im selben Land abheben.“

Es wird angenommen, dass die Metropolisierung qualitativ die gleichen Einflüsse auf die Elektromobilität ausübt wie die Urbanisierung. Durch die Größe entstehender Metropolen ist von einer Verstärkung der Effekte auszugehen.

7. Nutzerakzeptanz

Definition: „Die Nutzerakzeptanz beschreibt die Entscheidung zur Annahme einer Innovation durch den Anwender.“

Beispiel: „Eine unbedingte Voraussetzung für Nutzerakzeptanz ist, dass die Mobilität und der Konsum der Verbraucher nicht eingeschränkt werden.“

Bedeutung: Eine Grundvoraussetzung für den Erfolg der Elektromobilität ist die Erfüllung der Anforderungen seitens der Nutzer (s. PWC 2012, S. 20). Um eine breite Akzeptanz in der Bevölkerung zu erreichen, müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt werden (s. PWC 2012, S. 52). Wichtige Aspekte hierfür sind die Einstellung der Nutzer zur Umwelt, die Bereitschaft

derer, das Mobilitätsverhalten an die Elektromobilität anzupassen, die zu tragenden Kosten für den Kauf und Unterhalt der Elektroautos und der erwartete Komfort während der Fahrt und der Nutzung der Ladeinfrastruktur (s. PWC 2012, S. 52).

Laut einer im Jahr 2015 durchgeführten Umfrage der Aral AG innerhalb Deutschlands ist das Preis-Leistungsverhältnis der wichtigste Grund für den Kauf eines bestimmten Neuwagens (s. ARAL 2015, S. 13). Für 55 Prozent der Nutzer spielt dieser Aspekt eine bedeutende Rolle (s. ARAL 2015, S. 13). 44 Prozent der Befragten gaben an, dass der Komfort wichtig ist und je 41 Prozent nannten auch die Sicherheit und den absoluten Preis als ausschlaggebendes Kriterium (s. ARAL 2015, S. 13). Die Umweltfreundlichkeit liegt mit lediglich 20 Prozent Zustimmung auf dem elften und somit vorletzten Platz im Ranking (s. ARAL 2015, S. 13). Auf die Frage, ob die Teilnehmer der Studie es sich grundsätzlich vorstellen können, ein Elektroauto zu kaufen, antworteten 53 Prozent mit „Ja“, 26 Prozent mit „Nein“ und 21 Prozent mit „Weiß nicht“ (s. ARAL 2015, S. 20). Befragte, die sich prinzipiell vorstellen können, ein Elektroauto zu erwerben, gaben außerdem an, dass sie im rechnerischen Mittel eine Reichweite von mindestens 418 Kilometer erwarten (s. ARAL 2015, S. 20). Trotz der Tatsache, dass jeder zweite Deutsche potenziell ein Elektroauto erwerben würde, geben nur 2 Prozent der Teilnehmer an, dass ihr nächster Wagen voraussichtlich elektrisch angetrieben sein wird (s. ARAL 2015, S. 17). 11 Prozent nehmen sich vor, als Nächstes ein Hybrid-Fahrzeug zu kaufen (s. ARAL 2015, S. 17). Insgesamt wollen 73 Prozent der Nutzer weiterhin auf Verbrennungsmotoren in ihren zukünftigen Fahrzeugen setzen (s. ARAL 2015, S. 17). An dieser Diskrepanz zeigt sich, dass das Potenzial von Elektroautos zwar erkannt wird, aber Käufer derzeit noch zu viele Nachteile im Kauf eines Elektroautos sehen (vgl. ARAL 2015, S. 18f.).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die Akzeptanz der Autokäufer einen entscheidenden Einfluss auf den Erfolg der Elektromobilität hat. Prinzipiell können sich viele deutsche Autofahrer vorstellen, ein Elektroauto zu erwerben, jedoch wird dieses Vorhaben nicht umgesetzt. Der Grund dafür ist, dass aktuell konventionell angetriebene Autos die Kundenanforderungen besser erfüllen und somit eine höhere Akzeptanz erreichen. Damit die Akzeptanz der Nutzer gegenüber Elektrofahrzeugen steigt, muss insgesamt das Preis-Leistungsverhältnis verbessert werden.

4.2.5 Globaler Einflussbereich ‚Technologie‘

Der Einflussbereich Technologie betrifft die technologischen Aspekten der Elektromobilität. Dabei werden sowohl Faktoren, die das Fahrzeug direkt betreffen, als auch Faktoren, welche die Infrastruktur beeinflussen, beschrieben. Es wurden folgende fünf zugehörige Einflussfaktoren identifiziert, welche nun umfassend beschrieben werden.

-
1. Antriebstechnologien
 2. Batterietechnologie
 3. Infrastruktur
 4. Sicherheit
 5. Funktionsintegration

1. Antriebstechnologien

Definition: „Der Begriff ‚Antriebstechnologien‘ bezeichnet die Funktionsweise des Antriebs von Kraftfahrzeugen.“

Beispiel: „Hybride Antriebe ebnet der Elektromobilität den Weg in den Markt, da sie den Kunden die Unsicherheit in Bezug auf Elektromobilität nehmen.“

Bedeutung: Es existiert eine Vielzahl an Technologien, um Fahrzeuge anzutreiben (vgl. PETERS ET AL. 2013, S. 23f.). Es kann zwischen konventionellen, hybriden, rein elektrischen und gasbasierten Antrieben unterschieden werden (vgl. PETERS ET AL. 2013, S. 23f.; s. PWC 2012, S. 64). Zu den konventionellen Antrieben gehören die weit verbreiteten Diesel- und Ottomotoren (s. PETERS ET AL. 2013, S. 23). Hybride Antriebe können weiter in Microhybrid, Mildhybrid, Vollhybrid (HV) und Plug-in-Hybride (PHEV) sowie Range-Extender (REEV) unterteilt werden (s. PETERS ET AL. 2013, S. 21f.). Alle haben jedoch die Kombination von Verbrennungs- und Elektromotor gemeinsam (s. PETERS ET AL. 2013, S. 21). Micro-, Mild- und Vollhybride beziehen ihren Strom dabei lediglich aus regenerativem Bremsen und unterscheiden sich untereinander in der Leistung des Elektromotors (s. PETERS ET AL. 2013, S. 23). Eine rein elektrische Fahrt über längere Distanz ist mit diesen Hybriden nicht möglich (s. PETERS ET AL. 2013, S. 21). Plug-in-Hybride benutzen parallel geschaltete Elektro- und Verbrennungsmotoren zum Antrieb (s. PETERS ET AL. 2013, S. 22). Der Verbrennungsmotor kann zusätzlich zum direkten Antrieb des Fahrzeugs auch das Aufladen der Batterie übernehmen (s. PETERS ET AL. 2013, S. 22). Weiterhin kann ein Plug-in-Hybrid extern über das Stromnetz aufgeladen werden. Range-Extender können ihre Batterie auch extern aufladen, werden aber im Gegensatz zu Plug-in-Hybriden seriell angetrieben (s. PETERS ET AL. 2013, S. 22). Das heißt, dass der direkte Antrieb des Fahrzeugs nur durch einen Elektromotor erfolgt. Der Verbrennungsmotor dient ausschließlich dazu, die Batterie zu laden (s. PETERS ET AL. 2013, S. 21f.). Zu den rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugen zählen batteriebetriebene (BEV) sowie brennstoffzellenbasierte (FCEV) Autos (s. PETERS ET AL. 2013, S. 24). Batteriebetriebene Fahrzeuge werden mittels Batterie dauerhaft mit Strom versorgt, wohingegen in Brennstoffzellenfahrzeugen die Stromgewinnung während der Fahrt erfolgt (s. PETERS ET AL. 2013, S. 24, 33). Elektroautos, die durch die Verbrennung von Gas angetrieben werden, benutzen entweder Erd- oder Autogas (s. SHELL 2014, S. 45).

Der Verbrennungsmotor ist aktuell die am meisten verbreitete Antriebsart bei PKW (s. SHELL 2014, S. 24). Trotz ständiger Optimierung stoßen diese Motoren irgendwann an technisch-physikalische Grenzen, die nur äußerst schwierig zu überwinden sein werden – vor allem im Hinblick auf Energieverbrauch und Schadstoffemissionen (s. SHELL 2014, S. 24). Da batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge anscheinend nur langfristig die Nutzeranforderungen werden erfüllen können, gelten Hybridfahrzeuge als marktfähige Alternative für den Übergang von konventionell zu rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. Bezüglich einer Umfrage, die von Aral durchgeführt worden ist, kommen Diesel- und Ottomotoren auf 73 Prozent, Erd- und Autogas auf insgesamt 5 Prozent Zustimmung (s. ARAL 2015, S. 17). Brennstoffzellenfahrzeuge können eine Alternative für die zukünftige Mobilität darstellen. Sie ermöglichen ebenso emissionsfreies Fahren und bieten zusätzlich eine relativ hohe Reichweite (s. PETERS ET AL. 2013, S. 24). Der zur Energiegewinnung benötigte Wasserstoff steht praktisch unbegrenzt zur Verfügung (s. PETERS ET AL. 2013, S. 52). Seine Gewinnung aus chemischen Verbindungen ist allerdings sehr energieintensiv (s. PETERS ET AL. 2013, S. 52). Ein weiteres Hemmnis ist die nicht vorhandene Infrastruktur zur Betankung mit Wasserstoff, welche ohne eine ausreichende Menge von Brennstoffzellenfahrzeugen ein hohes Investitionsrisiko birgt (s. PETERS ET AL. 2013, S. 54).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass eine langfristige Abkehr von den konventionellen Antrieben wahrscheinlich ist. Elektromobilität ist eine Alternative mit viel Potenzial. Ob sich batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge durchsetzen können, ist auch abhängig davon, inwiefern sich andere Technologien, wie z. B. der Antrieb mittels Brennstoffzelle, rechtzeitig als massentauglich erweisen.

2. Batterietechnologie

Definition: „Batterietechnologien beschreiben die Konzepte der Speicherung von elektrischer Energie.“

Mit dem Begriff Batterie werden im Kontext der Elektromobilität Akkumulatoren im Sinne der galvanischen Sekundärzelle bezeichnet.

Beispiel: „Der technologische Fortschritt der Entwicklung beeinflusst die Reichweite, Kosten, Kapazität und das Gewicht einer Batterie.“

Bedeutung: Damit Elektromobilität sich erfolgreich am Markt behaupten kann, muss sie die Anforderungen der Kunden erfüllen (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 4). Auf die Batterie eines Elektrofahrzeugs bezogen, sind die Energiedichte, Lebensdauer, Kosten und Sicherheit relevante Parameter zur Erfüllung dieser Anforderungen (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 4). Zu den aktuell und potenziell in Elektrofahrzeugen eingesetzten Batterietechnologien gehören Lithium-Ionen-basierte Technologien, die Brennstoffzelle und Nicht-Lithium-Ionen-basierte Technologien, wie z. B. Nickel-Metallhydrid- oder Bleiakkumulatoren (s. THIELMANN

ET AL. 2016, S. 16). Von diesen wird den Lithium-Ionen-Akkumulatoren, welche den aktuellen Stand der Technik markieren, das größte Fortschrittpotenzial zugesprochen, um die Elektromobilität massentauglich zu gestalten (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 28). Besonders große Fortschritte sind bei der Entwicklung hoher Energiedichten und bei reduzierten Kosten zu erreichen (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 28). Ab 2030 ist zu erwarten, dass auch andere Technologien als Energiespeicher innerhalb der Elektromobilität eingesetzt werden können (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 28). Für die Zeitperiode, in der die Nachfrage von Elektrofahrzeugen deutlich steigen wird, werden allerdings Lithium-Ionen-Akkumulatoren die Schlüsseltechnologie darstellen (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 28).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass Lithium-Ionen-Akkumulatoren kurz- und mittelfristig als Schlüsseltechnologie zu betrachten sind. Alternative Energiespeichertechnologien bergen jedoch Potenzial für eine langfristige Anwendung innerhalb der Elektromobilität, um die Kundenanforderungen bezüglich der Kosten, Reichweite, Sicherheit und Energiedichte erfüllen zu können.

3. Infrastruktur

Dieser Einflussfaktor weist eine hohe Ähnlichkeit mit dem lokalen Einflussfaktor „Ladeinfrastruktur“ auf und wird in Kapitel 4.2.4 ausführlich erläutert.

4. Sicherheit

Dieser Einflussfaktor weist eine hohe Ähnlichkeit mit dem lokalen Einflussfaktor „Sicherheit“ auf und wird in Kapitel 4.2.4 ausführlich erläutert.

5. Funktionsintegration

Dieser Einflussfaktor weist eine hohe Ähnlichkeit mit dem lokalen Einflussfaktor „Smart Grid“ auf und wird in Kapitel 4.2.4 ausführlich erläutert.

4.2.6 Lokaler Einflussbereich ‚Technischer Stand‘

Beim Einflussbereich ‚Technischer Stand‘ stehen die technischen Eigenschaften eines Elektrofahrzeugs im Vordergrund. Es wurden folgende fünf zugehörige Einflussfaktoren identifiziert, welche nun umfassend beschrieben werden.

1. Reichweite
2. Ladekonzepte
3. Ladezeit
4. Leichtbau
5. Sicherheit

1. Einflussfaktor ‚Reichweite‘

Definition: „Die Reichweite bezeichnet die Strecke, die elektrisch betriebene Fahrzeuge mit einer vollen Batterieladung im Durchschnitt im realen Fahrbetrieb zurücklegen können.“

Beispiel: „Im Durchschnitt erreichen Elektrofahrzeuge mit einer vollen Batterieladung unter realen Fahrbedingungen eine Reichweite von 150 km.“

Bedeutung: Nachfolgend wird durch die Analyse von Fachliteratur die Bedeutung der Reichweite im Kontext der Elektromobilität aufgezeigt. Die mangelnde Reichweite von Elektrofahrzeugen war schon immer ein Problem der Elektromobilität (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 101). Sie stellt eine Hauptursache für die langsame Entwicklung der Elektromobilität dar (s. PÖTSCHER 2015, S. 9; s. BURKERT 2015). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Reichweite von Elektrofahrzeugen einem Großteil der Bevölkerung für die tägliche Fahrstrecke ausreicht (s. FRANKE 2013, S. 5). Dennoch empfindet eine Mehrheit der Bevölkerung die geringe Reichweite als Einschränkung der Mobilität und entscheidet sich für Alternativen zum Elektrofahrzeug (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 6; s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 12). In einer Studie von SCHÜHLE werden auf Basis von Kundenbefragungen mögliche Folgen einer Erhöhung der Reichweite untersucht. Dabei werden unterschiedliche Fahrzeugklassen gesondert betrachtet. Im Rahmen der Studie wird gezeigt, dass eine Verdopplung der Reichweite eine erhebliche Absatzsteigerung zur Folge hat. Dabei profitieren größere Fahrzeuge in höherem Maße als kleinere (s. SCHÜHLE 2014, S. 236f.).

In der Fachliteratur gibt es auch alternative Meinungen zur Thematik der Reichweite. Es wird die Begründung aufgegriffen, dass 90 Prozent aller Fahrten weniger als 50 km betragen und demnach die Reichweite nur ein theoretisches Problem darstellt (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 163). Nach der NATIONALEN PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT müssen die restlichen 10 Prozent der Fahrten durch eine entsprechende Ladeinfrastruktur oder ergänzende Mobilitätskonzepte abgedeckt werden (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 17). LIENKAMP empfiehlt eine Obergrenze der Reichweite von 150 km (s. LIENKAMP 2012, S. 35). Darüber hinaus wird das Elektrofahrzeug nach seiner Einschätzung unrentabel, weil die Reichweite nicht im gleichen Maße wie die Batteriekapazität steigt (s. LIENKAMP 2012, S. 35). Demnach sollte das Elektroauto primär als Stadtfahrzeug konzipiert werden (s. LIENKAMP 2012, S. 39).

Wirkmechanismen: Die Wirkmechanismen der Reichweite (s. RAHIMZEI 2014, S. 2f.) sind nachfolgend zusammenfassend dargestellt:

Die Reichweite wird positiv von der Batteriekapazität beeinflusst, wohingegen ein erhöhter Energieverbrauch einen negativen Einfluss auf die Reichweite ausübt (s. Abbildung 4.2-1).

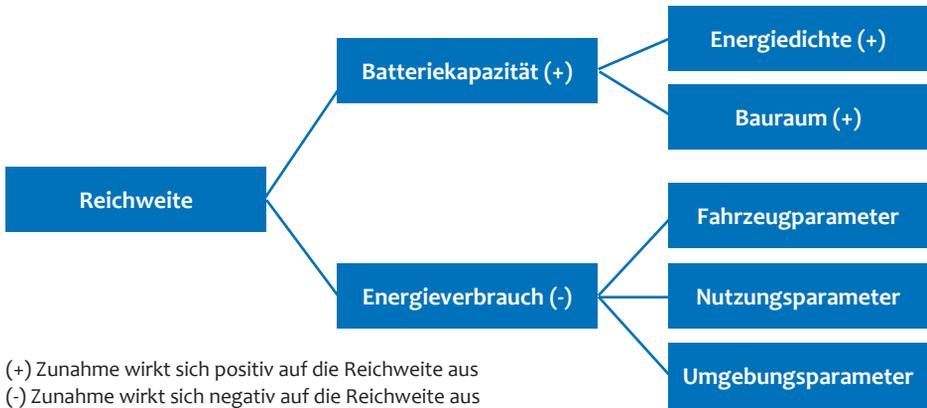


Abbildung 4.2-1: Wirkmechanismen Reichweite (eigene Darstellung)

Die Batteriekapazität wird positiv durch die Energiedichte und den Bauraum beeinflusst. Der Energieverbrauch hängt von Fahrzeug-, Nutzungs- und Umgebungsparametern ab. Nachfolgend werden die einzelnen Wirkmechanismen genauer erklärt.

Die geringe Batteriekapazität stellt eine wesentliche Ursache für die geringe Reichweite von Elektrofahrzeugen dar (s. SUCK U. SPENGLER 2014, S. 14). Beeinflusst wird die Batteriekapazität durch den zur Verfügung stehenden Bauraum und die Energiedichte der Batterie (s. Abbildung 4.2 1) (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 102). Ein Vergleich zwischen Kraftstoff und gängigen Lithium-Ionen-Akkumulatoren in Bezug auf die Energiedichte zeigt, dass die Dichte der Batterie nur einem Prozent der Energiedichte des Kraftstoffs entspricht (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 101). Aktuelle Lithium-Ionen-Akkumulatoren weisen Energiedichten von bis zu 160 Wh pro kg auf (s. TEICHMANN ET AL. 2012, S. 111). Es wird bereits an verbesserten Batterietechnologien geforscht, die Energiedichten von ca. 400 Wh pro kg (Lithium-Schwefel) und 800 Wh pro kg (Lithium-Luft) erreichen (s. TEICHMANN ET AL. 2012, S. 111). Deren Einsatz wird jedoch nicht vor dem Jahr 2025 erwartet (s. TEICHMANN ET AL. 2012, S. 111).

Der Energieverbrauch eines Elektrofahrzeugs wird im Wesentlichen durch die Fahrzeugparameter Beschleunigung, Luftwiderstandsbeiwert und Rollwiderstandsbeiwert bestimmt (s. KARLE 2015, S. 108). Die Beschleunigungs-, Roll- und Steigungswiderstände sind abhängig von der Masse des Fahrzeugs (s. ECKSTEIN 2011, S. 88). Dementsprechend hat die Masse einen entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch und somit auf die Reichweite des Fahrzeugs. Daraus wird deutlich, weshalb eine Erhöhung der Batteriekapazität nicht in gleichem Maße die Reichweite erhöht. Eine Erhöhung der Batteriekapazität (bei gleichbleibender Energiedichte)

führt zu einer höheren Masse, wodurch einerseits die Reichweite positiv beeinflusst wird, andererseits jedoch der Energieverbrauch steigt. Während im normalen Fahrbetrieb der Batterie ausschließlich Energie entzogen wird, ist es während Bremsvorgängen möglich, der Batterie mittels der sogenannten Rekuperation Energie zuzuführen (s. PROFF ET AL. 2012, S. 101). In diesem Zustand wird der Elektromotor als Generator betrieben, wodurch die kinetische Energie in elektrische Energie umgewandelt und in der Batterie gespeichert wird (s. KARLE 2015, S. 108). Im NEFZ (NEUER EUROPÄISCHER FAHRZYKLUS) wird das Potenzial der Rekuperation deutlich, bei dem Einsparungen beim Energieverbrauch von bis zu 30 Prozent möglich sind (s. KARLE 2015, S. 125). Die Rekuperation erweist sich besonders im Stadtverkehr durch die häufigen Verzögerungen als vorteilhaft (s. PROFF et al. 2012, S. 103).

Zusätzlich wird der Energieverbrauch durch Nutzungsparameter bestimmt. Dazu zählen die Fahrweise des Fahrzeugführers, mögliche Gewichtszuladungen und die Nutzung von Nebenaggregaten (s. RAHIMZEI 2014, S. 3). Durch besonders häufiges Beschleunigen und Fahren bei hohen Geschwindigkeiten entsteht ein negativer Einfluss auf den Energieverbrauch (s. PWC 2012). Speziell durch die Nutzung von Nebenaggregaten (z. B. Klimaanlage und Heizung) kann sich die erzielbare Reichweite um bis zu 50 Prozent reduzieren (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 105). Während bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor eine große Abwärme zur Verfügung steht, muss bei einem Elektrofahrzeug eine Heizung betrieben werden, was zu Lasten des Energieverbrauchs geht (s. KARLE 2015, S. 131; s. SUCK U. SPENGLER 2014, S. 14).

Auch Umgebungsparameter haben einen Einfluss auf die Reichweite von Elektrofahrzeugen. Das Streckenprofil, zu welchem z. B. die Topografie, das Verkehrsaufkommen oder Geschwindigkeitsbegrenzungen zählen, ist für das Potenzial zur Rekuperation und den allgemeinen Energieverbrauch ausschlaggebend. Verbesserungen im Bereich des Thermomanagements sind daher essenziell, um die Reichweite auch in Jahreszeiten mit sehr hoher oder sehr niedriger Temperatur aufrecht zu erhalten (s. KARLE 2015, S. 134).

Maßnahmen: Auf Basis der Wirkmechanismen lassen sich mehrere Maßnahmen zur positiven Beeinflussung des Einflussfaktors ableiten. Dazu zählen die Erhöhung der Energiedichte von Batterien, die Optimierung von Fahrwiderständen, die Weiterentwicklung der Rekuperation und die Optimierung des Thermomanagements eines Elektrofahrzeugs.

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die Reichweite einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der Elektromobilität besitzt, da diese die Nutzungsmöglichkeiten für Elektrofahrzeuge stark beeinflussen. Die Erhöhung der Reichweite stellt, insbesondere aufgrund der sich teilweise konträr entwickelnden Parameter (z. B. Masse und Rollwiderstand), eine komplexe Herausforderung dar. Rekuperatoren können die Reichweite signifikant erhöhen und zu einer Verringerung des Einflusses der Masse auf die Reichweite führen.

2. Einflussfaktor ‚Ladekonzepte‘

Definition: „Ladekonzepte beschreiben die Art und Weise, wie die Batterie eines Elektrofahrzeugs geladen wird.“

Es folgt eine Abgrenzung des Einflussfaktors ‚Ladekonzepte‘. Für den Einflussfaktor Ladekonzepte wird nicht die Ladezeit (s. Einflussfaktor: Ladezeit) verschiedener Technologien berücksichtigt. Der Fokus liegt ausschließlich auf der Bedienbarkeit bzw. Nutzerfreundlichkeit des Ladekonzepts.

Beispiel: „Die Batterie eines Elektrofahrzeugs wird konduktiv (kabelgebunden) geladen.“

Bedeutung: Die Art, wie das Elektrofahrzeug geladen wird, ist nach Meinung von GILLESSEN für die Elektromobilität entscheidend (s. GILLESSEN 2015, S. 12). Mögliche Technologien sind das konduktive Laden, das Batteriewechselkonzept und das induktive Laden (s. REICHERT ET AL. 2012, S. 458). Eine umfassende Beschreibung der Technologien erfolgt im Abschnitt zu Wirkmechanismen. Die aktuell gängige Praxis zum Laden eines Elektrofahrzeugs ist das kabelgebundene Laden (s. REICHERT ET AL. 2012, S. 459). Die Benutzung eines Kabels beim Laden wird jedoch als Hürde für die positive Entwicklung der Elektromobilität aufgefasst (s. DAIMLER AG 2011). Der bewusste Nutzereingriff beim Laden wird als unnötiger Aufwand angesehen (s. SCHRAVEN ET AL. 2011, S. 210). Der Autor STOLLER postuliert, dass durch den Entfall eines Kabels beim Laden die Attraktivität der Elektromobilität enorm gesteigert werden könnte (s. STOLLER 2013). In einer Studie, bei der eine umfassende Kundenbefragung zum Thema Batteriewechselkonzepte durchgeführt worden ist, kommt der Autor zu dem Ergebnis, dass der Wechsel des Ladekonzepts (von konduktiv auf Batteriewechsel) einen höheren Absatz zur Folge hätte (s. SCHÜHLE 2014, S. 293f.). Die Weiterentwicklung der Ladekonzepte für Elektrofahrzeuge ist somit ein wichtiges Forschungsthema für die Zukunft der Elektromobilität. Auch die Bundesregierung vertritt diese Sichtweise (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 19).

Wirkmechanismen: Beim konduktiven Ladekonzept besteht eine physische Verbindung zwischen dem Elektrofahrzeug und dem Netzanschluss, aus dem der Strom bezogen wird (s. PETERS ET AL. 2013, S. 46). Um den Ladevorgang zu initialisieren, muss der Nutzer das Ladekabel einstecken und gegebenenfalls die Ladestation bedienen (s. Papendick et al. 2011, S. 1). Jedoch ist auch eine automatische konduktive Ladestation im Sinne des von Tesla erwogenen Roboterarms denkbar (s. TESLA MOTORS 2015a).

Der Batteriewechsel ist eine theoretisch mögliche Alternative zum konduktiven Laden. Bei diesem Ladekonzept wird die Batterie nicht direkt geladen. Stattdessen wird die leere Batterie gegen eine neue, volle Batterie getauscht (s. KLEY 2011, S. 12). Der Austausch der Batterie findet auf dafür vorgesehenen Tauschstationen – ähnlich zu Tankstellen – statt (s. EBEL U. HOFER 2014,

S. 72). Der Batteriewechsel wird durch Roboter durchgeführt (s. EBEL U. HOFER 2014, S. 72). Wenngleich der Nutzer bei dieser Variante außer einem etwaigen Zahlungsvorgang keinen Aufwand erfährt, bestehen für das Ladekonzept mehrere Umsetzungsprobleme (s. REICHERT ET AL. 2012, S. 459). Ein Problem besteht in den sehr unterschiedlichen Batterietypen und -größen (s. KLEY 2011, S. 12). Eine Standardisierung ist eher unwahrscheinlich, weil die Batterie u. a. ein Differenzierungsmerkmal für Automobilhersteller darstellt (s. KLEY 2011, S. 12). Ein weiteres Problem besteht im Einbauort der Batterie. Dieser muss für alle Elektrofahrzeuge gut zugänglich sein, um den Batteriewechsel problemlos durchzuführen (s. KLEY 2011, S. 12f.). Hinzu kommen logistische Fragestellungen, welche den Batteriewechsel aus heutiger Sicht als nicht praxistauglich erscheinen lassen.

Eine weitere Alternative zum induktiven Laden ist das induktive Laden (s. SCHRAVEN et al. 2011, S. 210). Bei diesem Ladekonzept „erfolgt die Energieübertragung über einen Luftspalt zwischen zwei sich gegenüberliegenden Spulen“ hinweg (NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2013, S. 54). Für die Umsetzung ist jeweils eine Induktionsspule im Erdboden (z. B. im Parkplatz oder in der Straße) und im Fahrzeugboden erforderlich (s. REICHERT ET AL. 2012, S. 458). Durch das Laden ohne einen zusätzlichen Eingriff des Nutzers ist das induktive Laden als sehr komfortabel zu bewerten (s. SCHRAVEN ET AL. 2011, S. 211). Für das induktive Ladekonzept existiert sowohl eine stationäre als auch eine dynamische Variante (s. SCHRAVEN ET AL. 2011, S. 210f.). Stationäres Laden (Fahrzeug steht) ist an speziellen Ladestationen möglich, die über eine entsprechende Vorrichtung im Boden verfügen (s. SCHRAVEN ET AL. 2011, S. 213). Darüber hinaus ist das induktive Laden ebenfalls dynamisch, also im fahrenden Zustand möglich (s. NIEDERHAUSEN U. BURKERT 2014, S. 164). Dafür müssen unterhalb der Fahrbahn entsprechende Spulen verbaut sein (s. NIEDERHAUSEN U. BURKERT 2014, S. 165). Durch die dynamische Variante wäre es möglich, die Reichweite eines Elektrofahrzeugs zu erhöhen und so die Kundenakzeptanz zu steigern (s. KLEY 2011, S. 11).

Den bereits genannten Vorteilen stehen jedoch einige Umsetzungsprobleme gegenüber. Um mittels induktivem Laden der Batterie genügend Energie bereitzustellen, darf eine Geschwindigkeit von 50 km/h nicht überschritten werden (s. KLEY 2011, S. 11). Ein Einsatz auf der Autobahn ist demnach nicht sinnvoll. Darüber hinaus ist ein komplexes Abrechnungssystem erforderlich, damit der bezogene Strom dem Fahrzeugführer zugeordnet werden kann (s. KLEY 2011, S. 11). Im Allgemeinen ist das induktive Laden mit höheren Kosten und einem zusätzlichen Gewicht der Induktionsspulen in Elektrofahrzeugen behaftet. Des Weiteren könnte ein gesellschaftlicher Widerstand gegen die auftretenden starken elektromagnetischen Felder entstehen, wenn von Nutzern eine Beeinflussung der eigenen Gesundheit vermutet wird. Es ist daher eher unwahrscheinlich, dass sich induktive Ladesysteme für eine breite Anwendung für private Elektrofahrzeuge als zukunftsfähig erweisen. Großes Potenzial birgt das Konzept aufgrund des hohen Komforts im Bereich der Oberklassefahrzeuge. Insbesondere autonom fahrende Fahrzeuge können außerdem von der Berührungslosigkeit des Ladevorgangs profitieren.

Zusammenfassung: Das induktive Laden, welches aktuell die gängige Praxis darstellt, weist durch seine Einfachheit einige Vorteile auf. Eine wesentliche Schwäche besteht jedoch in der Kundenakzeptanz. Der Batteriewechsel stellt, vordergründig betrachtet, zwar eine Vereinfachung gegenüber dem induktiven Laden dar, eine Umsetzung ist aufgrund von Problemen der Logistik und der Standardisierung fraglich. Im vorherigen Abschnitt konnte gezeigt werden, dass das induktive Laden das fortschrittlichste Ladekonzept darstellt. Vor allem in der dynamischen Variante bietet es für den Nutzer einen sehr komfortablen Ladevorgang. Damit eine Umsetzung dieser Technologie realisierbar ist, sind erhöhte Forschungsaufwendungen notwendig. Nur so sind die genannten Herausforderungen hinsichtlich der Ladekonzepte zu bewältigen.

3. Einflussfaktor ‚Ladezeit‘

Definition: „Die Ladezeit ist die Zeit, die bis zum vollständigen Laden einer Batterie benötigt wird.“

Es folgt eine Abgrenzung des Einflussfaktors ‚Ladezeit‘. Die verschiedenen Ladekonzepte werden im Rahmen des gleichnamigen Einflussfaktors aufgegriffen. Hier bildet jedoch ausschließlich die Ladezeit und nicht der Komfort verschiedener Ladetechnologien die Bewertungsgrundlage.

Beispiel: „Das vollständige Laden einer Batterie mit einer Kapazität von 20 kWh benötigt eine Stunde.“

Bedeutung: In der Literatur wird häufig erwähnt, dass lange Ladezeiten potenzielle Interessenten vom Kauf eines Elektroautos abhalten (s. BURKERT 2015). Die Ladezeit bei einer normalen Ladung von Elektrofahrzeugen variiert je nach Ladeleistung zwischen 30 Minuten und 10 Stunden. Selbst eine verhältnismäßig kurze Ladezeit von 30 Minuten mindert die Akzeptanz durch potenzielle Nutzer erheblich (s. FRENZEL et al. 2015, S. 13; s. Pötscher 2015, S. 9). Das vergleichbare Betanken eines konventionellen Fahrzeugs dauert dagegen nur einige Minuten. Eine ähnliche Auffassung vertritt der Autor FAZEL, der eine Verkürzung der Ladezeit als wesentlichen Hebel zur Akzeptanzsteigerung der Elektromobilität sieht (s. FAZEL 2014, S. 297). Während die Ladezeit beim nächtlichen Laden von sekundärer Bedeutung ist, steigt die Bedeutung derselben vor allem in Situationen, in denen dem Nutzer nur wenig Zeit zur Verfügung steht (z. B. auf längeren Fahrten mit häufigen Ladevorgängen) (s. KLEY 2011, S. 42).

Eine Nutzerumfrage, in der die Autoren zu dem Ergebnis kommen, dass die langen Ladezeiten 30 Prozent der Befragten vom Kauf eines Elektrofahrzeugs abhalten, bestätigt das bisherige Meinungsbild (s. FRENZEL ET AL. 2015, S. 39). Für die Hälfte der Befragten ist eine Ladezeit von unter einer Stunde anzustreben (s. FRENZEL ET AL. 2015, S. 40). Die Bundesregierung ist sich der Bedeutung der Ladezeit bewusst und formuliert eine Zielvorgabe von 15 Minuten für eine 80-prozentige Aufladung (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 58). Die Autoren

KAISER ET AL. erwarten, dass sich die Ladezeit von Elektrofahrzeugen an die Betankungszeit von konventionellen Fahrzeugen annähert, damit sich die Elektromobilität langfristig durchsetzt (s. KAISER ET AL. 2011, S. 4).

Wirkmechanismen: Die Wirkmechanismen der Ladezeit nach KARLE sind in der folgenden Abbildung dargestellt (s. KARLE 2015, S. 96).

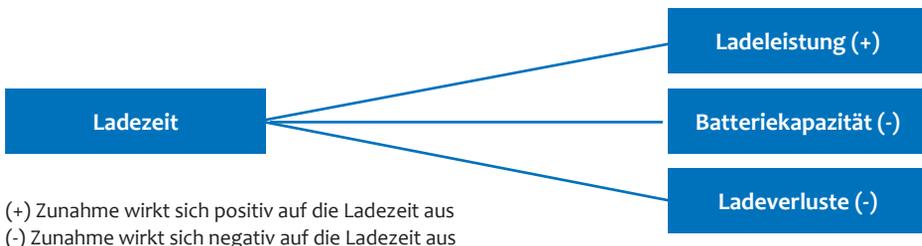


Abbildung 4.2-2: Wirkmechanismen Ladezeit (eigene Darstellung)

Die entscheidenden Einflussgrößen der Ladezeit sind die Ladeleistung (positiver Effekt) und die Batteriekapazität (negativer Effekt) (s. KARLE 2015, S. 96). Ein zusätzlicher Effekt entsteht durch etwaige Ladeverluste (s. Abbildung 4.2 2). Durch diesen Zusammenhang wird deutlich, dass die Zielvorgabe höherer Reichweiten (d. h. auch Erhöhung der Batteriekapazität) automatisch zu längeren Ladezeiten führt.

Nachfolgend werden die erreichbaren Ladeleistungen des Wechsel- und Gleichstroms sowie des induktiven Ladens näher beschrieben. Zusätzlich werden negative Folgen erhöhter Ladeleistungen thematisiert. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Wechsel- und Gleichstromsystemen besteht im Wechselrichter, der für ein Wechselstromsystem im Fahrzeug verbaut ist (s. KLEY 2011, S. 16). Durch die notwendige Elektronik steigt das Gewicht des Fahrzeugs (s. KLEY 2011, S. 16). Diese Tatsache beschränkt die potenzielle Ladeleistung in Bezug auf Wechselstrom (s. KLEY 2011, S. 16). Mögliche Leistungsklassen für das Wechselstromladen stellen 3,7; 11; 22 und 43 kW dar, wobei die handelsübliche Haussteckdose über 3,7 kW verfügt (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014a, S. 64). Der wesentliche Vorteil von Gleichstromsystemen besteht darin, dass die teure Elektronik zum Laden nicht im Fahrzeug, sondern in den Ladestationen verbaut ist (s. SCHWARZER 2015). Diese Systeme sind in den Leistungsklassen 10, 20 und 50 kW verfügbar (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014a, S. 64). Perspektivisch sind ebenfalls Ladeleistungen von bis zu 350 kW denkbar (s. KLEY 2011, S. 25). Beim induktiven Laden sind die Ladeleistungen im Normalfall auf 3,7 kW ausgelegt und sind mit maximal 11 kW verfügbar (s. KLEY 2011, S. 17).

Durch zu hohe Ladeleistungen entstehen für die Batterie negative Folgen. Es kommt zu einer starken Erwärmung der Batterie, welche zu einer schnelleren Alterung derselben führen kann. Gleichzeitig treten höhere Verluste während des Ladevorgangs auf. In der Fachliteratur hat es sich bewährt, eine Batterie mit maximal einem Drittel ihrer maximalen Kapazität zu laden (z. B. 50 kW bei 150 kWh maximaler Kapazität). (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 104)

Zusammenfassung: Dass ein Bedarf zur Minimierung der Ladezeit besteht, wurde bereits umfassend beschrieben. Es konnte gezeigt werden, dass das System, welches zur Ladung verwendet wird, einen entscheidenden Einfluss auf die Ladezeit besitzt, etwaige Reichweitensteigerungen sich jedoch negativ auswirken. Um die Ladezeit positiv zu beeinflussen, bedarf es weiterer Fortschritte in den erzielbaren Ladeleistungen, wobei mögliche negative Folgen durch zu hohe Ladeleistungen berücksichtigt werden müssen. Als besonders vielversprechend erweist sich das Gleichstromladen, welches perspektivisch Ladeleistungen von bis zu 350 kW erreichen kann.

4. Einflussfaktor ‚Leichtbau‘

Definition: „Leichtbau beschreibt einen systematischen Ansatz, der das Ziel verfolgt, die bewegte Masse des Elektrofahrzeugs zu reduzieren.“

Es folgt eine Abgrenzung des Einflussfaktors ‚Leichtbau‘. Bei diesem Einflussfaktor steht die Verringerung der Masse im Vordergrund. Durch den Einsatz umfassender Leichtbaumaßnahmen lassen sich u. a. der Energieverbrauch (s. Einflussfaktor ‚Reichweite‘) und mögliche Kosten (s. Einflussfaktor ‚Kosten‘) für die Batterie senken (vgl. Bedeutung).

Beispiel: „Bei der Produktion des Elektrofahrzeugs werden vor allem faserverstärkte Kunststoffe eingesetzt.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Der Leichtbau gibt der Weiterentwicklung der Elektromobilität einen deutlichen Schwung“ (BURKERT 2015). Grundsätzlich weisen Elektrofahrzeuge durch Komponenten, wie z. B. der Batterie und der Leistungselektronik, im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen ein höheres Gewicht auf (s. ROMMEL U. GEIGER 2012, S. 6). Je nach Fahrzeugmodell variiert das Fahrzeugmehrgewicht zwischen 10 % und 30 % (s. BERNHART ET AL. 2015, S. 11). Das vorhandene Mehrgewicht eines Elektrofahrzeugs kann durch den gezielten Einsatz von Leichtbau teilweise kompensiert werden (s. PAUL U. MODLER 2015, S. 1). Eine kleinere bewegte Gesamtmasse hat in der Folge positive Auswirkungen auf die Fahrdynamik. Auch eine größere Fahrsicherheit durch kürzere Bremswege, eine höhere maximale Nutzlast durch höhere Zuladungen und ein geringerer Energieverbrauch des Elektrofahrzeugs sind Vorteile der Leichtbauweise (s. ROMMEL U. GEIGER 2012, S. 7).

Jedoch sollte überprüft werden, ob Leichtbaumaßnahmen, wie sie z. B. für das Modell BMW i3 ergriffen wurden, insgesamt den Kundenbedürfnissen entsprechen. Obwohl viele Elektrofahrzeuge durch das hohe Gewicht der Batterie ein Gewicht von zwei Tonnen überschreiten, kann durch die Rekuperation des Elektromotors ein Großteil der Energieverluste während der Fahrt ausgeglichen werden. So liegt der gewichtsinduzierte Energiebedarf eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor deutlich höher als bei Elektrofahrzeugen, da dort Energieverluste durch Luftwiderstand, die den Effekt des Rollwiderstands deutlich überwiegen, durch Rekuperation ausgeglichen werden können. Sollte das Elektrofahrzeug seine Bedeutung als Statussymbol verlieren, würde der umfassende Einsatz von Leichtbaumaßnahmen nur geringfügige Vorteile mit sich bringen, da dadurch der Einfluss der durch Leichtbau ermöglichten schnelleren Beschleunigung und der besseren Fahrdynamik auf die Nutzerakzeptanz abnehmen würde.

Wirkmechanismen: In diesem Zusammenhang werden die Leichtbauspirale und die Kostenstruktur des Leichtbaus näher thematisiert. Möglichkeiten zum Einsatz von Leichtbau werden im Abschnitt „Zusammenfassung“ kurz aufgezeigt. Eine gesonderte Betrachtung findet im Rahmen dieser Arbeit nicht statt, weil sich die Maßnahmen für den Einsatz von Leichtbau bei Elektrofahrzeugen in ihrer Herangehensweise nicht gravierend von denen konventioneller Fahrzeuge unterscheiden.

Durch den Einsatz von Leichtbau wird bei Elektrofahrzeugen eine sogenannte Leichtbauspirale initialisiert, die nachfolgend dargestellt ist:

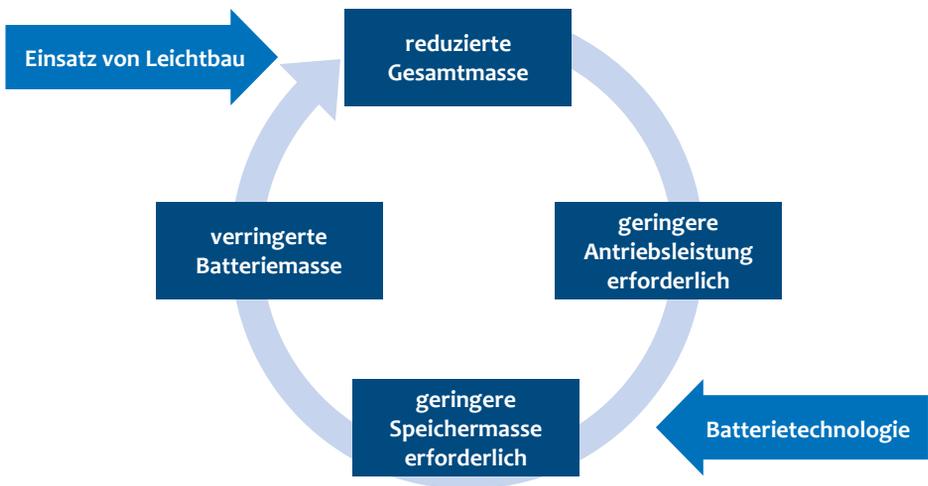


Abbildung 4.2-3: Leichtbauspirale bei Elektrofahrzeugen (eigene Darstellung i. A. a. ECKSTEIN ET AL. 2010, S. 8)

Der Einsatz von Leichtbau führt zu einer reduzierten Gesamtmasse (s. Abbildung 4.2-3). Einhergehend mit einer kleineren Dimensionierung des Antriebsstrangs hat dies einen geringeren Energieverbrauch zur Folge (s. Einflussfaktor: Reichweite), wodurch bei gleichbleibender Reichweite eine geringere Batteriekapazität erforderlich ist. Durch die reduzierten Massen der Antriebseinheiten ist es möglich, die Fahrzeugstruktur (z. B. Karosserie, Federung) gewichtsoptimiert auszuliegen. (s. ECKSTEIN ET AL. 2010, S. 8)

Für die Entwicklung von Leichtbaumaßnahmen entstehen Kosten, die zu einem erhöhten Fahrzeugpreis führen. Jedoch führt der Einsatz von Leichtbaumaßnahmen zu einem geringeren Energieverbrauch, sodass diese Mehrkosten im Laufe der Lebensphase eines Fahrzeugs wieder kompensiert werden. Für konventionelle Fahrzeuge werden Mehrkosten von ungefähr 5 Euro pro eingespartem Kilogramm akzeptiert. Bei Elektrofahrzeugen ist die Batterie ein wesentlicher Kostentreiber (s. Einflussfaktor „Kosten“), doch die Leichtbauspирale hat bereits gezeigt, dass durch den Einsatz von Leichtbaumaßnahmen die Kapazität einer Batterie geringer dimensioniert werden kann. Dieser Umstand hat zur Folge, dass für den Leichtbau von Elektrofahrzeugen Mehrkosten von bis zu 18 Euro pro eingespartem Kilogramm bei der Entwicklung bewilligt werden. (s. ECKSTEIN ET AL. 2010, S. 3f.)

Zusammenfassung: Elektrofahrzeuge weisen grundsätzlich höhere Massen als konventionelle Fahrzeuge auf. Durch den Einsatz von Leichtbaumaßnahmen wird diesem Trend entgegen gewirkt. Die Besonderheiten von Elektrofahrzeugen führen dazu, dass die tragbaren Kosten für Leichtbaumaßnahmen höher als bei konventionellen Fahrzeugen ausfallen, wodurch umfassendere Leichtbaumaßnahmen möglich sind. Mögliche Leichtbaumaßnahmen sind der Einsatz von speziellen Werkstoffen (z. B. Kunststoffen, Carbonfasern und Aluminium), der Einsatz von speziellen Karosseriebauweisen (z. B. Carbonfaser-Karosserie und Multi-Material-Bauweise) und der konzeptionelle Leichtbau durch die Entwicklung spezieller, auf die Nutzung von Elektrofahrzeugen abgestimmter Fahrzeugkonzepte (s. ECKSTEIN ET AL. 2010, S. 7).

5. Einflussfaktor ‚Sicherheit‘

Definition: „Sicherheit beschreibt den Schutz vor Gefahren und Risiken, die im Umgang mit Elektromobilität auftreten können.“

Es folgt eine Abgrenzung des Einflussfaktors ‚Sicherheit‘. Bei diesem Einflussfaktor steht der Schutz vor Gefahren im Umgang mit der Elektromobilität im Fokus. Ein Beispiel für eine Gefahr ist eine physische Verletzung, die durch die Benutzung eines Elektrofahrzeugs aufgrund eines technischen Fehlverhaltens aufgetreten ist. Im Rahmen dieses Einflussfaktors werden jedoch keine Unsicherheiten, wie z. B. ein „Liegenbleiben“ mit dem Elektrofahrzeug durch eine zu geringe Reichweite (s. Einflussfaktor „Reichweite“), thematisiert.

Beispiel: „In einer Unfallsituation besteht für die Fahrzeuginsassen trotz hoher Deformation des Elektrofahrzeugs nicht die Gefahr einer Entflammung der Fahrzeugbatterie.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Das Thema Sicherheit ist von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der Elektromobilität“ (BECKS U. HEUSINGER 2012, S. 10). Die im Elektrofahrzeug verbaute Batterie gilt aus chemischer Sicht als besonders reaktionsfreudig (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 104f.). Aus diesem Grund sind hohe Sicherheitsanforderungen und eine gute Kühlung der Batterie notwendig (s. BECKS U. HEUSINGER 2012, S. 19). Durch potenzielle Gefahren, die von der Benutzung eines Elektrofahrzeugs ausgehen, entsteht nach Meinung der Autoren TEICHMANN ET AL. eine Hemmschwelle für Nutzer, die einen Umstieg auf die Elektromobilität erschwert (s. PWC 2012). Zu den Gefahren gehören u. a. Stromschläge, das Austreten giftiger Substanzen aus der Batterie sowie Brände (s. PWC 2012). Während im normalen Fahrbetrieb das Batteriemangement die Regelung der Batterie verantwortet, muss darüber hinaus auch in Crashesituationen die Sicherheit der Fahrzeuginsassen gewährleistet werden (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 104f.). Zusätzlich zum Schutz der Fahrzeuginsassen sind Weiterbildungen und Sicherheitsvorkehrungen erforderlich, um Einsatzkräfte (z. B. Rettungskräfte oder die Feuerwehr) nicht zu gefährden (s. FRIEDRICH U. SCHMID 2011, S. 89). Welche Gefahren vom Umgang mit Elektrofahrzeugen ausgehen können, zeigt das Beispiel eines Chevrolet Volts, bei dem es drei Wochen nach einem Crashtest zu einem Brand am Elektrofahrzeug kam (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 105). Das Sicherheitsbedenken vieler Nutzer wird somit als Hemmnis der Elektromobilität aufgefasst (s. COCCA ET AL. 2015, S. 62). Die Autoren BERNHART ET AL. stellen ebenfalls fest, dass „die Kundenakzeptanz von Elektrofahrzeugen maßgeblich von der Sicherheit der Fahrzeuge abhängt“ (BERNHART ET AL. 2013, S. 4).

Zusammenfassung: Elektrofahrzeuge weisen grundsätzlich ein großes Gefahrenpotenzial als herkömmliche Fahrzeuge auf. Aus diesem Grund besteht hoher Bedarf an geeigneten Sicherheitslösungen im Bereich der Elektromobilität. Somit kann die Akzeptanz potenzieller Nutzer gewährleistet werden. Eine mögliche Sicherheitsmaßnahme stellt die Sicherstellung einer sofortigen Spannungsfreiheit in einer Crashesituation dar (s. BECKS U. HEUSINGER 2012, S. 7). Dieser Zustand wird durch das sofortige Entladen des Bordnetzes erreicht (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 105). Zusätzlich können Autohersteller besonders steife Sicherheitsstrukturen zum Schutz der Batterie verbauen (s. BERNHART ET AL. 2013, S. 4). Um die Gefahren besser zu verstehen, bedarf es auch zukünftig erhöhter Forschungsaufwendungen (s. PWC 2012). Zur Erreichung einer hohen Akzeptanz wird sogar das Ziel ausgesprochen, bei Elektrofahrzeugen „ein höheres Sicherheitsniveau als bei konventionellen Fahrzeugen“ zu erreichen (s. BECKS U. HEUSINGER 2012, S. 7).

4.2.7 Lokaler Einflussbereich ‚Nutzung‘

Beim Einflussbereich ‚Nutzung‘ stehen der Nutzer eines Elektrofahrzeugs sowie mögliche Einflüsse, die vor einer Kaufentscheidung auf ihn wirken, im Vordergrund. Man unterscheidet zusätzlich zwischen privaten und gewerblichen Nutzungsformen. Folgende sechs dazugehörige Einflussfaktoren wurden identifiziert, welche im Folgenden umfassend beschrieben werden.

1. Informationsstand zur Elektromobilität in der Bevölkerung
2. Alltagstauglichkeit eines Elektrofahrzeugs
3. Kosten
4. Image von Elektrofahrzeugen
5. Sichtbarkeit von Elektrofahrzeugen in der Bevölkerung
6. Gewerbliche Nutzung von Elektrofahrzeugen

1. Einflussfaktor ‚Informationsstand zur Elektromobilität in der Bevölkerung‘

Definition: „Der Informationsstand beschreibt den Kenntnis- und Erfahrungsstand der Bevölkerung im Umgang mit der Elektromobilität.“

Beispiel: „In der Bevölkerung besteht ein breites Wissen zur Elektromobilität und ein Großteil der Bevölkerung konnte bereits Erfahrungen im Umgang mit Elektromobilität sammeln.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Das Akzeptanzproblem in der Bevölkerung ist auch ein Informationsproblem“ (DALLINGER ET AL. 2011, S. 23). Diverse Studien belegen, dass eine große Mehrheit (mehr als drei Viertel) der Bevölkerung bisher keinen Kontakt mit Elektrofahrzeugen hatte (s. SCHÄFER ET AL. 2014, S. 9; s. PATERNOGA ET AL. 2013, S. 7). Zusätzlich hat sich nur ein geringer Teil der Bevölkerung (ca. ein Drittel) über die Thematik Elektromobilität informiert (s. PATERNOGA ET AL. 2013, S. 7). Die Autoren von PwC greifen diesen Aspekt auf und bringen ein, dass ein geringer Wissensstand einen negativen Einfluss auf die Meinung zur Elektromobilität ausübt (s. PwC 2012). In anderer Fachliteratur wird ebenfalls erwähnt, dass „Informationsdefizite [...] Einfluss auf die Fahrzeugwahl haben“ (HACKER ET AL. 2015, S. 128). Dieser Zusammenhang ist damit zu erklären, dass das Meinungsbild bei Unwissenheit vor allem durch kritische Faktoren (z. B. geringe Reichweite) bestimmt wird (s. HACKER ET AL. 2015, S. 128). Im Rahmen einer Studie konnte gezeigt werden, dass Nutzer, die bereits durch eine Probefahrt Erfahrungen im Bereich der Elektromobilität gesammelt haben, eine höhere Kaufabsicht aufweisen als Nutzer ohne derartige Erfahrungen (s. PATERNOGA ET AL. 2013, S. 12). Dass eine Probefahrt eine positive Wahrnehmung der Elektromobilität zur Folge hat und nicht etwa ein umgekehrter kausaler Zusammenhang besteht, wird auch in anderer Fachliteratur erläutert (s. COCCA ET AL. 2015, S. 22; s. FAZEL 2014, S. 302).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die Mehrheit der Bevölkerung über einen geringen Kenntnisstand und wenige Erfahrungen im Umgang mit Elektromobilität verfügt. Ein Informationsdefizit hat einen negativen Einfluss auf die Wahrnehmung der betroffenen Personen bezüglich der Elektromobilität. Eine mögliche Maßnahme, um den Informationsstand in der Bevölkerung positiv zu beeinflussen, stellt das Testen (z. B. eine Probefahrt oder aber auch Carsharing) von Elektrofahrzeugen dar (s. PETERS ET AL. 2013, S. 82; s. COCCA ET AL. 2015, S. 36). Darüber hinaus kann durch Aufklärung der Bevölkerung ein breites Wissen über die Elektromobilität erzielt werden (s. COCCA ET AL. 2015, S. 19). In diesem Zusammenhang kann der öffentliche Sektor – z. B. durch Schaufenster-Projekte – einen entscheidenden Beitrag leisten (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 24).

2. Einflussfaktor ‚Alltagstauglichkeit eines Elektrofahrzeugs‘

Definition: „Die Alltagstauglichkeit beschreibt die Integrationsfähigkeit des Elektrofahrzeugs in den Alltag eines Nutzers.“

Es folgt eine Abgrenzung des Einflussfaktors ‚Alltagstauglichkeit‘. Bei diesem Einflussfaktor steht die uneingeschränkte Nutzung des Elektrofahrzeugs im Alltag im Vordergrund. Dazu trägt u. a. die Reichweite (s. Einflussfaktor ‚Reichweite‘) bei, die das Distanzspektrum täglicher Fahrten abdecken muss. Dazu kann auch auf bestimmte Geschäftsmodelle – z. B. Laden am Arbeitsplatz, Integration in Mobilitätskonzepte – zurückgegriffen werden. Zusätzlich ist von Bedeutung, dass das Elektrofahrzeug auch bei besonderen klimatischen Bedingungen oder beim Transport schwerer Güter Zuverlässigkeit beweist. In Abgrenzung dazu bemisst der Einflussfaktor Reichweite die Bedeutung der Reichweite durch den Vergleich mit konventionellen Fahrzeugen.

Beispiel: „Der Nutzer kann mit seinem Elektrofahrzeug auch unter schwierigen klimatischen Bedingungen unter Zuhilfenahme von Ladestationen am Arbeitsplatz die täglichen Fahrten zur Arbeitsstelle absolvieren.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Die Alltags- und Gebrauchstauglichkeit eines Elektrofahrzeugs muss den Erfahrungen mit den Fahrzeugen mit konventioneller Antriebstechnik entsprechen“ (BOZEM ET AL. 2013, S. 28). In der Fachliteratur wird darauf hingewiesen, dass die Nutzung eines Elektrofahrzeugs bisher nicht den nötigen Komfort bietet, um als alltagstauglich eingestuft zu werden (s. COCCA ET AL. 2015, S. 36). Durch Restriktionen, wie z. B. mangelnde Erfahrung mit der vorhandenen Ladeinfrastruktur, bedarf es zur Benutzung eines Elektrofahrzeugs eines höheren Planungsaufwands (s. KEICHEL UND SCHÖLLER 2013, S. 111). Die große Bedeutung der Alltagstauglichkeit wird auch in anderer Fachliteratur aufgegriffen (s. BONGARD 2015, S. 6). Um die Ansprüche der Nutzer an die Alltagstauglichkeit zu erfüllen, muss „die Elektromobilität sinnvoll in die alltägliche Mobilität integriert werden können“ (PWC 2012). Die Bereitschaft, ein Elektroauto zu kaufen, ist nach

Meinung der Autoren DALLINGER ET AL. besonders hoch, wenn das Elektrofahrzeug mit bestimmten Gewohnheiten (z. B. einmal pro Woche „tanken“) und den Einstellungen der Nutzer vereinbar ist (s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 23). Die uneingeschränkte Nutzung der Elektromobilität (Elektrofahrzeug, Ladestationen) ist bei bestimmten klimatischen Verhältnissen ebenso sicherzustellen (s. PWC 2012).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die Integration des Elektrofahrzeugs in den Alltag mit einem höheren Aufwand verbunden ist, als es Nutzer von konventionellen Fahrzeugen gewohnt sind. Ursachen für diesen Umstand sind technische Aspekte sowie fehlende Erfahrung und ein geringer Kenntnisstand im Umgang mit der Elektromobilität. Dass Elektrofahrzeuge für 90 Prozent der täglichen Fahrten die nötige Reichweite bieten, wurde bereits gezeigt (vgl. Einflussfaktor „Reichweite“). Demnach muss die Bevölkerung noch umfassender über die Möglichkeiten und Vorteile der Nutzung eines Elektrofahrzeugs im täglichen Leben informiert werden. Zudem können geeignete Smartphone-Apps öffentliche Ladepunkte anzeigen und so zu einer Verringerung des Planungsaufwands beitragen (s. Einflussfaktor „IKT-basierte Dienste“). Eine Integration der Ladepunkte in das Navigationssystem eines Elektrofahrzeugs, welches stets die aktuelle Reichweite berücksichtigt, ist ebenfalls denkbar.

3. Einflussfaktor ‚Kosten‘

Definition: „Kosten beschreiben die Lebenszykluskosten von Elektrofahrzeugen im Vergleich mit konventionell angetriebenen Fahrzeugen unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer.“

Beispiel: „Der Nutzer zahlt für die fünfjährige Nutzung eines Elektrofahrzeugs einen Aufpreis von 5.000 Euro im Vergleich zu der Nutzung eines konventionellen Fahrzeugs im gleichen Zeitraum.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Elektromobilität wird sich nur bei einem günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis gegenüber vorhandenen Konzepten durchsetzen“ (KLÖR ET AL. 2014, S. 8). Die Bundesregierung stellt ebenfalls fest, dass die Lebenszykluskosten eines Elektrofahrzeugs einen wesentlichen Einfluss auf den Erfolg der Elektromobilität ausüben (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 12). Auch in weiterer Fachliteratur wird darauf hingewiesen, dass die Entscheidung zum Kauf eines Elektrofahrzeugs vor allem durch finanzielle Aspekte beeinflusst wird (s. PATERNOGA ET AL. 2013, S. 12). Demnach weisen potenzielle Nutzer besonders dann eine hohe Kaufabsicht auf, wenn sie überzeugt sind, mit einem Elektrofahrzeug Geld sparen zu können (s. PATERNOGA ET AL. 2013, S. 12).

Nach COCCA ET AL. ist vor allem der Vergleich der Lebenszykluskosten von Elektrofahrzeugen mit denen der konkurrierenden Diesel- und Benzinfahrzeuge von entscheidender Bedeutung (s. COCCA ET AL. 2015, S. 24). Die Lebenszykluskosten setzen sich unter anderem aus den

Anschaffungs- und den Betriebskosten zusammen (s. Abschnitt Wirkmechanismen). Vor dem eigentlichen Kauf eines Elektrofahrzeugs sind es besonders die hohen Anschaffungskosten, die ein Hemmnis für viele Nutzer darstellen (s. SOVACOO UND HIRSH 2009, S. 1095f.). Der Aufpreis, den potenzielle Käufer eines Elektrofahrzeugs im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen aktuell zahlen müssen, variiert zwischen 5.000 und 15.000 € (s. SCHÜHLE 2014, S. 142). Im Rahmen einer Nutzerumfrage kommen die Autoren DEFFNER ET AL. zu dem Ergebnis, dass die potenziellen Kunden bereit sind, einen Aufpreis von lediglich zehn Prozent zu zahlen (s. DEFFNER ET AL. 2012, S. 40). Ein zusätzliches Hemmnis für die Elektromobilität ist die Unsicherheit bezüglich möglicher Folgekosten für Elektrofahrzeuge (s. SCHÖNFELDER ET AL. 2009, S. 378). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Betriebskosten (z. B. für Strom) bei Elektrofahrzeugen geringer sind als für vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (s. SOVACOO U. HIRSH 2009, S. 1095ff.). Die hohe Bedeutung der Kosten von Elektrofahrzeugen für den Erfolg der Elektromobilität wird durch das folgende Zitat zusammengefasst: „Es ist die Preisfähigkeit der Elektrofahrzeuge, die darüber entscheiden wird, ob die Technologie flächendeckend erfolgreich ist“ (KAMPKER ET AL. 2013, S. 18).

Die **Wirkmechanismen** der Kosten sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt (s. PWC 2012). Die Kosten werden durch den Anschaffungspreis beim Kauf eines Elektrofahrzeugs, durch die Betriebskosten während der Nutzungsphase und durch den am Ende bestehenden Restwert des Elektrofahrzeugs bestimmt (s. Abbildung 4.2-4) (s. KARLE 2015, S. 167).

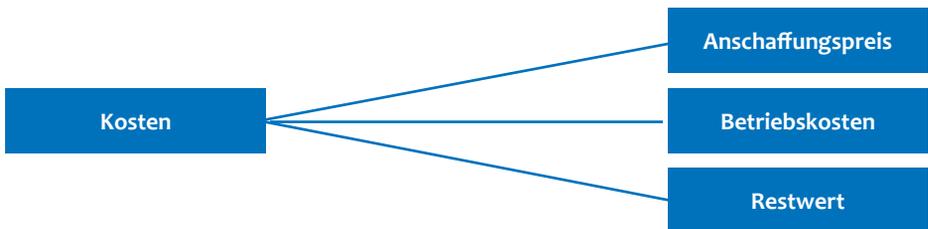


Abbildung 4.2-4: Wirkmechanismen der Kosten (eigene Darstellung)

Der Anschaffungspreis eines Elektrofahrzeugs resultiert im Vergleich zu dem eines konventionellen Fahrzeugs im Wesentlichen aus den Kosten der Batterie, der Leistungselektronik und des Elektromotors (s. SCHÜHLE 2014, S. 137f.). Besonders die Batterie besitzt mit einem Wertschöpfungsanteil von bis zu 40 Prozent einen hohen Einfluss auf die Kosten des Elektrofahrzeugs und damit auf die Entwicklung der Elektromobilität (s. HACKER ET AL. 2015, S. 57).

Die Betriebskosten setzen sich aus den Energiekosten für den Strom, den Wartungs- und Reparaturkosten sowie den Versicherungs- und Steuerkosten zusammen (s. HACKER ET AL. 2011). Die Energiekosten eines Elektrofahrzeugs weisen aktuell Vorteile gegenüber den

Energiekosten von konventionellen Fahrzeugen auf (s. HACKER ET AL. 2015, S. 57). Demnach sinkt der Kostennachteil eines Elektrofahrzeugs gegenüber konventionellen Fahrzeugen mit steigender Jahresfahrleistung durch die geringeren Energiekosten (s. HACKER ET AL. 2015, S. 48f.). In der Fachliteratur hat es sich aus diesem Grund bewährt, eine Jahresfahrleistung auszuweisen, ab der sich ein Elektrofahrzeug wirtschaftlich betreiben lässt (s. HACKER ET AL. 2015, S. 48). Unter typischen Voraussetzungen könnte demnach ein Elektrofahrzeug ab einer Jahresfahrleistung von ca. 32.500 km pro Jahr einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber einem Dieselfahrzeug aufweisen (s. HACKER ET AL. 2015, S. 50). Der Zusammenhang zwischen einem höheren Anschaffungspreis und geringeren Betriebskosten besteht in vergleichbarer Form auch bei Benzin- und Dieselfahrzeugen (s. PETERS ET AL. 2013, S. 178). Durch den Wegfall eines Öl- und Luftfilters sowie der Zündkerzen wird davon ausgegangen, dass die Wartungs- und Reparaturkosten eines Elektrofahrzeugs geringer ausfallen als bei konventionellen Fahrzeugen (s. PWC 2012). Auf Versicherungs- und Steuerkosten wird im Rahmen dieser Arbeit nicht gesondert eingegangen. Versicherungen unterscheiden bisher nicht gravierend zwischen konventionellen und elektrifizierten Fahrzeugen (s. GILLESSEN 2015, S. 31). Die steuerlichen Kosten werden bereits durch den globalen Einflussfaktor „Steuern und Abgaben“ behandelt.

Der Restwert eines Elektrofahrzeugs ist vor allem am Ende der Nutzungsphase von Bedeutung und hat einen wesentlichen Einfluss auf die Lebenszykluskosten (s. HACKER ET AL. 2015, S. 58). Die Bestimmung des Restwerts von Elektrofahrzeugen erweist sich als schwierig, da kaum auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden kann (s. HACKER ET AL. 2015, S. 58). Es muss vor allem die Lebensdauer der Batterie berücksichtigt werden, da diese einen wesentlichen Anteil des Anschaffungspreises ausmacht (vgl. „Anschaffungspreis“) (s. KARLE 2015, S. 169f.). Die Lebensdauer einer Batterie wird mit ungefähr zehn Jahren abgeschätzt (s. RICHTER UND LINDENBERGER 2010, S. 11). KARLE wählt für den Wertverlust einer Batterie, ausgehend von einer Batterielebensdauer von acht Jahren, einen Restwert von 0 € nach ebenso langer Nutzungszeit. Eine mögliche Weiternutzung der Batterie in anderen Bereichen – z. B. als lokaler Stromspeicher oder als Wertstoff für Recycling – sei noch nicht abschätzbar. (s. KARLE 2015, S. 169f.)

Maßnahmen: Eine mögliche Maßnahme zur Kostensenkung besteht in der Ausweisung der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit der Jahresfahrleistungen (s. LIENKAMP 2012, S. 40). Dadurch können potenzielle Käufer über die vorteilhaften Betriebskosten aufgeklärt werden (s. LIENKAMP 2012, S. 40). Kostensenkung (z. B. durch eine Abwrackprämie oder die Subventionierung von Elektrofahrzeugen) ist ebenfalls eine mögliche Maßnahme (s. COCCA ET AL. 2015, S. 24). Außerdem sollte auch eine Weiternutzung der Batterien in Form von Smart-Grid-Lösungen und bestimmten Servicekonzepten von Automobilherstellern erwogen werden, die eine finanzielle Entlastung schaffen können (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 54f.; s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 109) (s. Einflussfaktor „Weiternutzungsdienste Batterie“; s. Einflussfaktor „Neue Servicekonzepte“; s. Einflussfaktor „Smart-Grid“).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die Kosten ein wesentliches Hemmnis für die Elektromobilität darstellen. Nur unter bestimmten Voraussetzungen und sehr hohen Jahresfahrleistungen ist es möglich, äquivalente Kosten für konventionelle und elektrifizierte Fahrzeuge zu erreichen.

4. Einflussfaktor ‚Image von Elektrofahrzeugen‘

Definition: „Das Image beschreibt die öffentliche Wahrnehmung und Außenwirkung der Elektromobilität auf die Bevölkerung.“

Beispiel: „Die Elektromobilität wird in der Öffentlichkeit als ökologisch und technologisch fortschrittlich wahrgenommen.“

Bedeutung: Oft erhoffen sich Nutzer durch die Verwendung einer innovativen Technologie (hier: Elektromobilität), dass sich ihr Status in der Gesellschaft verbessert (s. FAZEL 2014, S. 136). In der Gesellschaft genießt die Elektromobilität ein sowohl ökologisch als auch technologisch fortschrittliches Image (s. GÖTZ ET AL. 2011, S. 11). Elektrofahrzeuge werden als „grünes Statussymbol“ betrachtet (s. ZIMMER U. RAMMLER 2011, S. 58). Umweltfreundlichkeit und Vernunft sind Assoziationen zur Elektromobilität (s. CONTINENTAL 2015, S. 24). Die genannten Wahrnehmungen werden unter anderem durch die positiven Eigenschaften von Elektrofahrzeugen in Bezug auf Emissionen und Lärm hervorgerufen (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 161f.). Nach Meinung von FAZEL hat das Image einen direkten Einfluss auf die Akzeptanz in der Gesellschaft und damit auf die Marktdurchdringung der Elektromobilität (s. FAZEL 2014, S. 302). Die positive Wirkung, die die Nutzung eines Elektrofahrzeugs in der Gesellschaft hervorruft, wird ebenfalls in der Fachliteratur thematisiert (s. PETERS ET AL. 2013, S. 256; s. DUDENHÖFFER 2015, S. 32). Eine Untersuchung hat ergeben, dass Nutzer die Elektromobilität besser bewerten, wenn sie davon ausgehen, eine positive Außenwirkung durch die Nutzung zu erreichen (s. FAZEL 2014, S. 293). Ein positives Image kann darüber hinaus die Zahlungsbereitschaft potenzieller Kunden und Unternehmen erhöhen (s. PWC 2012). Besonders Unternehmen, die im direkten Kontakt mit Kunden stehen, erwarten durch die Nutzung von Elektrofahrzeugen einen Imagegewinn (s. PETERS ET AL. 2013, S. 228). Die Bedeutung des Images für die Elektromobilität wird durch das folgende Zitat der aktuellen Bundeskanzlerin Angela Merkel besonders treffend illustriert: „Es muss hip sein, ein E-Auto zu fahren“ (s. Presse- u. Informationsamt d. BUNDESREGIERUNG 2015).

Zusammenfassung: Die Bevölkerung verbindet die Elektromobilität mit technischem Fortschritt und Umweltbewusstsein. Diese Assoziationen werden im Wesentlichen durch die positiven Emissions- und Lärmeigenschaften von Elektrofahrzeugen hervorgerufen. Zu deren Aufrechterhaltung wird es in Zukunft notwendig sein, die Elektrofahrzeuge mit regenerativer Energie zu laden. Ebenfalls von Bedeutung sind der schonende Umgang mit Ressourcen

bei der Produktion von Elektrofahrzeugen und Möglichkeiten der Wiederverwertung bzw. -verwendung am Ende der Nutzungsphase. In diesem Zusammenhang ist vor allem die Batterie hervorzuheben (s. Einflussfaktor: Weiternutzungsdienste Batterie).

5. Einflussfaktor ‚Sichtbarkeit von Elektromobilität in der Bevölkerung‘

Definition: „Die Sichtbarkeit beschreibt den physischen bzw. sensuellen Kontakt der Bevölkerung mit der Elektromobilität.“

Beispiel: „Elektrofahrzeuge weisen durch E-Kennzeichen einen hohen Wiedererkennungswert auf. Die Bevölkerung kommt häufig in den visuellen Kontakt mit Ladestationen für Elektrofahrzeuge.“

Bedeutung: Eine Innovation (hier: Elektromobilität) und deren Nutzung selbst zu sehen, stärkt das Bewusstsein für diese Innovation, wodurch wiederum die Bereitschaft steigt, selbst auf ein elektrifiziertes Antriebskonzept umzusteigen (s. FAZEL 2014, S. 95). Ein zusätzlicher Nebeneffekt der Sichtbarkeit entsteht durch das Aufgreifen der Thematik in täglichen Gesprächen im sozialen Umfeld (s. FAZEL 2014, S. 95). Es besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Sichtbarkeit und der Akzeptanz der Elektromobilität in der Bevölkerung (s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 63; s. PETERS ET AL. 2013, S. 108). Das ist damit zu begründen, dass durch die Beobachtung eines voll funktionstüchtigen Elektrofahrzeugs das Vertrauen in die Technologie und in deren Alltagstauglichkeit wächst (s. FAZEL 2014, S. 302; s. PETERS ET AL. 2013, S. 270). Dabei können sowohl bestehende Nutzer als auch Unbeteiligte von einer zunehmenden Sichtbarkeit beeinflusst werden (s. FAZEL 2014, S. 302).

Maßnahmen: Ein Ausbau der Ladeinfrastruktur fördert unmittelbar die Sichtbarkeit der Elektromobilität, indem die Bevölkerung öfter in den Sichtkontakt von Ladesäulen gerät (s. RABE ET AL. 2014, S. 30). Der Einsatz von Elektrofahrzeugen in gewerblichen Flotten (z. B. Carsharing und ÖPNV) kann ebenfalls zur Erhöhung der Sichtbarkeit beitragen (s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 131; s. COCCA ET AL. 2015, S. 18). Eine weitere Maßnahme stellt die Ausstellung von E-Kennzeichen dar, durch die das Elektrofahrzeug direkt als solches erkannt wird (s. BUNDESVERBAND SOLARE MOBILITÄT 2014).

Zusammenfassung: Im Abschnitt zur Bedeutung des Faktors wurde gezeigt, dass die Sichtbarkeit einen wesentlichen Einfluss auf die Elektromobilität ausübt. Nutzer sollten Zeugen einer funktionierenden Technologie werden, damit das Vertrauen in die Elektromobilität wächst.

6. Einflussfaktor ‚Gewerbliche Nutzung von Elektrofahrzeugen‘

Definition: „Gewerbliche Nutzung beschreibt den gewerblichen Einsatz von Elektrofahrzeugen und damit verbundene Folgen für die Elektromobilität.“

Beispiel: „Ein lokales Carsharing-Unternehmen setzt neben konventionellen Fahrzeugen vermehrt auf Elektrofahrzeuge.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Eine vielversprechende Strategie, damit aus dem Nischenprodukt Elektromobilität ein Massenprodukt wird, ist der Einsatz von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb in betrieblichen Fahrzeugflotten“ (CONTINENTAL 2015, S. 49). Dieser Zusammenhang wird nachfolgend näher erläutert. Zuerst werden Vorteile von gewerblichen Flotten gegenüber privat genutzten Fahrzeugen aufgezeigt, bevor die daraus resultierenden Vorteile für die Elektromobilität abgeleitet werden. Abschließend erfolgt die Beschreibung möglicher Anwendungsfälle.

Insgesamt sind ungefähr 4,4 Millionen Fahrzeuge in Deutschland in gewerblicher Nutzung, das diesbezügliche Potenzial der Elektromobilität ist also durchaus groß (CONTINENTAL 2015, S. 49). Die wesentlichen Vorteile von gewerblichen Flotten im Kontext der Elektromobilität bestehen vor allem in der guten Planbarkeit der Routen und den hohen Jahresfahrleistungen (s. ROTHFUSS UND ROSE 2011, S. 13). Die gute Planbarkeit führt zu einem Bedeutungsverlust möglicher Reichweitenbeschränkungen, wobei der Anwendungszweck des Gewerbes berücksichtigt werden muss. Höhere Jahresfahrleistungen führen zu einer höheren Wirtschaftlichkeit eines Elektrofahrzeugs (s. PETERS ET AL. 2013, S. 95; s. DUDENHÖFFER 2015, S. 46).

In zwei Studien wird das Potenzial von Elektrofahrzeugen in gewerblichen Flotten untersucht (s. KAMPKER ET AL. 2015; s. PLÖTZ ET AL. 2014). Nach Meinung der Autoren KAMPKER ET AL. besteht die Möglichkeit, mehr als die Hälfte der konventionellen Fahrzeuge durch Elektrofahrzeuge zu ersetzen, wenn bestimmte Verträge (z. B. vorteilhafte Konditionen) mit den Energieversorgern bestehen (s. KAMPKER ET AL. 2015, S. 50). In der zweiten Studie wird den Elektrofahrzeugen dagegen nur ein Marktpotenzial von sechs bis neun Prozent zugesprochen (s. PLÖTZ ET AL. 2014, S. 13). Die beiden Studien zeigen, dass Elektrofahrzeuge für bestimmte Anwendungsfälle bereits konventionellen Fahrzeugen vorzuziehen sind (vgl. Abschnitt: Anwendungsfälle). Dass die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen eine Herausforderung darstellt, wurde bereits thematisiert (s. Einflussfaktor „Kosten“). Gewerbliche Nutzer besitzen eine höhere Finanzkraft und können so eher die höheren Anschaffungskosten eines Elektrofahrzeugs tragen, wenn eine spätere Amortisierung derselben zu erwarten ist (s. PLÖTZ ET AL. 2014, S. 3). Zusätzlich ist es denkbar, dass Unternehmen auf den eigenen Grundstücken eine entsprechende Ladeinfrastruktur einrichten, wodurch die Nutzung zusätzlich vereinfacht wird (s. PETERS ET AL. 2013, S. 95). Aus den genannten Gründen ist davon auszugehen, dass die Elektromobilität im gewerblichen Umfeld früher erfolgreich sein wird als auf dem privaten Markt (s. PWC 2012; s. SAHAY 2014).

Die gewerbliche Nutzung von Elektrofahrzeugen bietet sowohl direkte als auch indirekte Vorteile für die Elektromobilität. Der direkte Vorteil besteht in der höheren Nachfrage nach Elektrofahrzeugen, die durch einen vermehrten Einsatz in betrieblichen Flotten auftritt

(s. ROTHFUSS UND ROSE 2011, S. 14), wohingegen ein indirekter Vorteil durch den Kontakt der Mitarbeiter mit den Elektrofahrzeugen entsteht (s. ROTHFUSS UND ROSE 2011, S. 14) (s. Einflussfaktor: Informationsstand).

Geeignete Anwendungsfälle sind u. a. das Carsharing, Paketdienste, Taxiunternehmen und Flughafen-Shuttles (s. SPATH ET AL. 2013, S. 32). Ein Unternehmen, das vermehrt Elektrofahrzeuge in gewerblichen Flotten einsetzt, ist beispielsweise die SAP SE, welche eine Quote von 20 Prozent Elektrofahrzeugen anstreben (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 49). Die Deutsche Post ist durch ihr Tochterunternehmen StreetScooter zum größten gewerblichen Elektro-Flottenbetreiber in Deutschland geworden und möchte bis 2050 ihre gesamte Flotte elektrifizieren. (DEUTSCHE POST DHL GROUP 2017)

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass Elektrofahrzeuge für den Einsatz in gewerblichen Flotten prädestiniert sind. Es sind vor allem die hohe Planbarkeit und die hohen Jahresfahrleistungen hervorzuheben. Aus den genannten Gründen ist davon auszugehen, dass Elektrofahrzeuge in der nahen Zukunft häufiger im gewerblichen als im privaten Umfeld zum Einsatz kommen. Es ist denkbar, dass Unternehmen spezielle Förderungen erhalten, wenn ein konventionelles durch ein umweltschonendes Elektrofahrzeug ersetzt wird. Dies ist aufgrund des allgemein höheren Potenzials der Elektromobilität vor allem in urbanen Gebieten anzustreben (d. h. für Taxi-Unternehmen, Carsharing-Anbieter und Paketzusteller).

4.2.8 Lokaler Einflussbereich ‚Mehrwertdienstleistungen‘

Beim Einflussbereich Mehrwertdienstleistungen stehen sämtliche Dienstleistungen, die in Bezug auf die Elektromobilität einen zusätzlichen Nutzen generieren, im Vordergrund. Es wurden folgende sieben zugehörige Einflussfaktoren identifiziert, welche nun umfassend beschrieben werden.

1. Finanzierungsangebote
2. IKT-basierte Dienste
3. Multimodale Konzepte
4. Verfügbarkeit von Werkstätten
5. Privates Carsharing
6. Weiternutzungsdienste Batterie
7. Neue Servicekonzepte

1. Einflussfaktor ‚Finanzierungsangebote‘

Definition: „Finanzierungsangebote beschreiben spezielle Modelle, die einem Interessenten zur Finanzierung der Nutzung eines Elektrofahrzeugs angeboten werden.“

Beispiel: „Der Nutzer kauft das Elektrofahrzeug (ohne Batterie), finanziert jedoch die Batterie mittels Batterieleasing.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Derartige Angebote [Anm. d. Verf.: Finanzierungsangebote] adressieren die Bereitschaft der Kunden, die hohen Kaufpreise der Elektrofahrzeuge durch Finanzierung oder Leasing zu kompensieren“ (SCHÜHLE 2014, S. 259). Elektrofahrzeuge weisen grundsätzlich höhere Anschaffungskosten als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor auf, was ein Hemmnis für die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität darstellt (s. Einflussfaktor: Kosten). Ein zusätzliches Problem beim Erwerb eines Elektrofahrzeugs besteht in der Unsicherheit über die Lebensdauer der Batterie (s. SOVACOO L. HIRSH 2009, S. 1095f.). Demnach reduzieren geeignete Finanzierungs- und Batterie-Leasingangebote die Kaufbarriere beim Erwerb eines Elektrofahrzeugs und tragen zu einer Risikominimierung für den Nutzer hinsichtlich der Batterie bei (s. KLINK ET AL. 2011, S. 2; s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 136). In einer Studie, die das Potenzial von Finanzierungsangeboten untersucht, kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die Bereitschaft zum Kauf eines Elektrofahrzeugs durch geeignete Finanzierungsmöglichkeiten steigt (s. PATERNOGA ET AL. 2013, S. 12). Auch in anderen Studien wird gezeigt, dass Finanzierungsangebote zu einer Akzeptanzsteigerung der Nutzer gegenüber der Elektromobilität führen (s. SCHÜHLE 2014, S. 252; s. PIEPER ET AL. 2013, S. 8). Es lässt sich abschließend feststellen, dass Finanzierungsangebote einen wesentlichen Beitrag zum Wachstum der Elektromobilität leisten können (s. SCHÜHLE 2014, S. 252).

Wirkmechanismen der Finanzierungsangebote sind nach TEICHMANN ET AL. (s. PWC 2012, S. 66) die folgenden Aspekte:

- Fahrzeugkauf und -finanzierung
- Fahrzeugleasing
- Batterieleasing

Durch einen Fahrzeugkauf oder eine Fahrzeugfinanzierung erwirbt der Käufer die Eigentumsrechte am Elektrofahrzeug und der dazugehörigen Batterie. Die Kosten setzen sich aus dem Anschaffungspreis sowie etwaiger Zinsen zusammen. Ein großer Nachteil bei einem Fahrzeugkauf besteht in der sofortigen Aufwendung des Anschaffungspreises. Bei einer Fahrzeugfinanzierung wird der Anschaffungspreis dagegen durch eine Einmalzahlung und monatliche Raten über eine bestimmte Laufzeit umverteilt, womit die Kaufbarriere des Anschaffungspreises reduziert wird. Als nachteilig ist zu bewerten, dass der Käufer das Risiko für die Lebensdauer der Batterie trägt. Zusätzlich sind die monatlichen Raten unabhängig von der eigentlichen Nutzung zu zahlen. (s. PWC 2012, S. 73)

Durch ein Fahrzeugleasing erwirbt der Nutzer keine Eigentumsrechte, sondern ausschließlich die Nutzungsrechte für einen bestimmten Zeitraum sowie eine vordefinierte Kilometerleistung.

Die Vorteile dieser Finanzierungsvariante bestehen in den nicht vorhandenen Anschaffungskosten sowie der Tatsache, dass das Risiko durch die Batterie bei der Leasinggesellschaft verbleibt. Als nachteilig sind die hohen Leasinggebühren zu bewerten, die durch das Risiko der Batterie eher hoch ausfallen. Darüber hinaus erwirbt der Käufer kein Eigentum. (s. PWC 2012, S. 73)

Das Batterieleasing stellt eine Mischform aus Kauf und Leasing dar. Während der Käufer die Eigentumsrechte am Elektrofahrzeug ohne Batterie erwirbt, erhält er für die Batterie lediglich die Nutzungsrechte durch einen Leasingvertrag mit einer Leasinggesellschaft (s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 130). Die Vorteile dieser Finanzierungsvariante bestehen in den mittleren Anschaffungskosten sowie der Tatsache, dass das Risiko der Batterie bei der Leasinggesellschaft verbleibt (s. PWC 2012, S. 74). Darüber hinaus garantiert die Leasinggesellschaft zu jedem Zeitpunkt der Nutzungsphase eine funktionierende Batterie, wodurch mögliche Ängste über die Batterietechnologie abgeschwächt werden (s. SCHWARZER 2011). Als nachteilig sind die Risikoabschläge der Batterie durch die Leasinggebühren sowie die Ungewissheit über den Wiederverkaufspreis des Fahrzeugs ohne vorhandene Batterie zu bewerten (s. PWC 2012, S. 74).

Zusammenfassung: Es wurde gezeigt, dass der Einsatz von Finanzierungsangeboten Kaufhemmnisse, die aufgrund von hohen Anschaffungskosten entstehen, senken kann. Als nachteilig ist zu bewerten, dass je nach Finanzierungsform der Nutzer kein Eigentum erwirbt. Das Ziel von Finanzierungsangeboten muss es sein, eine möglichst breite Nutzerschicht zu adressieren. Aus diesem Grund ist es denkbar, die monatlichen Raten individuell an die jeweilige Nutzungsform anzupassen (z. B. spezielle Tarife für Gelegenheitsfahrer).

2. Einflussfaktor ‚IKT(Informations- und Kommunikationstechnik)-basierte Dienste‘

Definition: „Als IKT-basierte Dienste werden Dienste bezeichnet, die dem Nutzer über geeignete Benutzerschnittstellen ortsunabhängig Informationen bezüglich des genutzten Elektrofahrzeugs zur Verfügung stellen.“

Beispiel: „Der Nutzer kann sich mit seinem Smartphone die aktuell verfügbare Reichweite seines Elektrofahrzeugs ortsunabhängig anzeigen lassen.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Die zunehmende Nutzung von IuK-Technologien [Anm. d. Verf.: gleichbedeutend mit IKT-basierten Diensten] unterstützt den Markterfolg von Elektrofahrzeugen“ (HACKER 2014, S. 68). Dieser Zusammenhang wird nachfolgend näher erläutert. Zusätzlich wird ein aktuelles Anwendungsbeispiel aufgegriffen.

Durch die mangelnde Reichweite von Elektrofahrzeugen und durch die fehlende Kenntnis über die vorhandene Ladeinfrastruktur herrscht bei potenziellen Nutzern oftmals eine Unsicherheit hinsichtlich der aktuellen Nutzbarkeit von Elektrofahrzeugen. Der genannte

Umstand führt zu einer Kaufbarriere (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 18). Durch die erwähnten Unsicherheiten herrscht ein erhöhter Bedarf, dem Nutzer die relevanten Informationen in Form von IKT-basierten Diensten bereitzustellen (s. BERNHART ET AL. 2014, S. 6). Elektrofahrzeuge weisen durch den notwendigen kommunikativen Austausch mit der Ladeinfrastruktur von Grund auf einen erhöhten Grad der Vernetzung auf (s. COCCA ET AL. 2015, S. 33; s. PAAR ET AL. 2014, S. 96). Eine Ausweitung der Vernetzung auf die Nutzer bildet lediglich eine logische Weiterführung derselben (s. PAAR ET AL. 2014, S. 96).

Grundsätzlich kann die Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und dem Nutzer sowohl über ein Web-Interface als auch über eine Smartphone-App realisiert werden (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 33). Nach Meinung vieler Autoren bietet das Smartphone die größten Potenziale für IKT-basierte Dienste (s. ROBERS ET AL. 2011, S. 20; s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 117). Mögliche Anwendungen stellen u. a. das Auffinden von Ladesäulen, die Steuerung des Ladevorgangs und das Anzeigen der aktuellen Reichweite des Elektrofahrzeugs dar (s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 117; s. COCCA ET AL. 2015, S. 18). Die genannten Anwendungen können mögliche Reichweitenängste der Nutzer minimieren und zu einem größeren Erfolg der Elektromobilität führen (s. BARTHOLL ET AL. 2012, S. 4). Zudem werden der Komfort sowie die Akzeptanz der Nutzer durch IKT-basierte Dienste erhöht (s. HACKER 2014, S. 68). Obwohl diese dem Nutzer viele Vorteile bieten, besteht dennoch die Gefahr des Missbrauchs, die bei der Entwicklung geeigneter Anwendungen stets berücksichtigt werden muss (s. PAAR ET AL. 2014, S. 96).

Ein aktuelles Anwendungsbeispiel eines umfassenden IKT-basierten Dienstes stellt die Volkswagen-App dar. Der Anwender kann sich jederzeit den Standort seines Elektrofahrzeugs auf seinem Smartphone anzeigen lassen und mögliche Verriegelungen der Türen vornehmen. Zudem sind die Anzeige des aktuellen Ladestatus sowie eine Projektion dessen auf einen festen Zeitpunkt in der Zukunft möglich. Dadurch entsteht ein erhöhter Komfort. (s. DONATH 2015)

Zusammenfassung: Es wurde gezeigt, dass ein erhöhter Bedarf an IKT-basierten Diensten besteht, die mögliche Unsicherheiten bei der Nutzung eines Elektrofahrzeugs kompensieren können. Es wird in Zukunft entscheidend sein, dass Informationen zunehmender Komplexität in IKT-basierte Dienste integriert werden. Eine große Bedeutung ist in diesem Zusammenhang dem Datenschutz beizumessen, um das Vertrauen der Nutzer zu gewinnen.

3. Einflussfaktor ‚Multimodale Konzepte‘

Definition: „Multimodalität bedeutet, dass eine Strecke situativ mit verschiedenen Mobilitätsalternativen zurücklegt wird.“

Beispiel: „Nachdem ein Nutzer die Fahrt mit seinem Elektrofahrzeug begonnen hat, wird die Weiterfahrt mithilfe eines Verbundes aus Carsharing- und ÖPNV-Angeboten, vermittelt durch eine Dienstleistungsplattform, fortgesetzt.“

Bedeutung: Viele Experten sind der Meinung, „dass Multimodalität [...] eine wichtige Rolle für die Verbreitung der Elektromobilität spielt“ (COCCA ET AL. 2015, S. 18). Zu den Mobilitätsalternativen eines Nutzers in urbanen Gebieten zählen u. a. der ÖPNV, Carsharing-Angebote, Fahrradverleih-Systeme sowie die Verwendung des eigenen Fahrzeugs (s. Keipert 2014, S. 13). Über die Nutzung verschiedener Mobilitätsalternativen für verschiedene Wegstrecken hinaus, lassen sich diese im Sinne der Intermodalität auch innerhalb eines Weges verknüpfen. Durch eine Dienstleistungsplattform könnte dem Nutzer dazu eine situativ optimierte und kostengünstige Mobilitätsform geboten werden (s. SCHRÖDER 2013, S. 15; s. PROFF et al. 2012, S. 15). Besonders im urbanen Raum lassen sich Elektrofahrzeuge aufgrund der meist kurzen Distanzen optimal in ein multimodales Konzept integrieren (s. ROTHFUSS U. ROSE 2011, S. 6). Über eine Benutzerschnittstelle (z. B. eine Smartphone-App) lässt sich der Nutzer die Mobilitätsoptionen zur Erreichung seines Ziels anzeigen und leitet den Bezahlvorgang für die Gesamtstrecke ein (s. SPATH ET AL. 2013, S. 58 ff.). Nachfolgend ist eine beispielhafte intermodale Mobilitätskette eines Nutzers im multimodalen Umfeld dargestellt:



Abbildung 4.2-5: Wegekette im Rahmen multimodaler Konzepte (eigene Darstellung i. A. a. SPATH ET AL. 2010, S. 58)

Wenn die Mobilitätskette des Nutzers auf mehrere Mobilitätsalternativen aufgeteilt wird (s. Abbildung 4.2-5), sind lediglich kurze Teilstrecken zurückzulegen, sodass die geringe Reichweite eines Elektroautos eine untergeordnete Rolle spielt. Dies ist sowohl für den Nutzer der Elektromobilität als auch für die Elektromobilität im Allgemeinen ein entscheidender Vorteil (s. PROFF 2015, S. 568; s. COCCA ET AL. 2015, S. 18). Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass multimodale Konzepte einen positiven Einfluss auf die Elektromobilität ausüben (s. PETERS ET AL. 2013, S. 81). Jedoch existiert bisher keine gesamtheitliche Plattform für Mobilitätsdienstleistungen.

Zusammenfassung: Multimodalität stellt eine zukunftsweisende Form der Mobilität dar, welche maßgeblich von der Elektromobilität begleitet werden kann. Jedoch muss dazu zunächst eine universelle Dienstleistungsplattform geschaffen werden.

4. Einflussfaktor ‚Verfügbarkeit von Werkstätten‘

Definition: „Die Verfügbarkeit von Werkstätten beschreibt das Angebot von Reparaturdienstleistungen für Elektrofahrzeuge unter Berücksichtigung möglicher Distanzen zwischen Nutzern und Werkstätten.“

Beispiel: „Nutzer müssen im Durchschnitt eine Strecke von über 15 km zurücklegen, um eine geeignete Werkstatt für Elektrofahrzeuge zu erreichen.“

Bedeutung: Befragungen in der Bevölkerung haben ergeben, dass eine große Ungewissheit über notwendige Servicemöglichkeiten für Elektrofahrzeuge besteht (WOHLFARTH 2015). Potenzielle Käufer empfinden diese Ungewissheit als Hemmnis, wodurch sich ein möglicher Kauf verzögert (s. WOHLFARTH 2015, S. 85). Nur durch die Gewährleistung, dass entsprechende Reparaturdienstleistungen zeitlich und örtlich gut erreichbar sind, kann sich bei Nutzern und potenziellen Käufern ein Vertrauen in die Elektromobilität entwickeln (s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 91). Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass das Arbeiten an der Hochvoltbatterie nur von geschultem Personal mit hinreichender Qualifikation durchgeführt werden kann (s. DIEZ ET AL. 2014, S. 19). Wenngleich Elektrofahrzeuge wartungsärmer als konventionelle Fahrzeuge sind, besteht vor allem durch die Hochvoltbatterie eine potenzielle Gefährdung (s. PROFF ET AL. 2014, S. 67). Durch die zunehmende Marktverbreitung von Elektrofahrzeugen ist davon auszugehen, dass zukünftig Elektrofahrzeuge häufiger in Unfälle verwickelt sein werden und ein zunehmender Bedarf an Reparaturdienstleistungen besteht (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 113).

Zusammenfassung: Der vorherige Abschnitt hat gezeigt, dass eine hohe Verfügbarkeit von Werkstätten für das Vertrauen von Nutzern in die Elektromobilität notwendig ist (s. HACKER ET AL. 2015, S. 10). Diese Zielvorgabe ist nur erreichbar, wenn das Personal in Werkstätten über hinreichende Qualifikationen verfügt, um Reparaturarbeiten an Elektrofahrzeugen durchzuführen. Aus diesem Grund sind Weiterbildungsmaßnahmen für Facharbeiter in Werkstätten unerlässlich.

5. Einflussfaktor ‚Privates Carsharing‘

Definition: „Privates Carsharing beschreibt eine Dienstleistungsform, bei der die Eigentümer ihr Fahrzeug zur Mitbenutzung bereitstellen.“

Es folgt eine Abgrenzung des Einflussfaktors ‚Privates Carsharing‘. Bei diesem Einflussfaktor geht es ausschließlich um den Nutzen, den ein Eigentümer eines Elektrofahrzeugs durch das private Carsharing generiert. Im Rahmen dieses Einflussfaktors wird jedoch nicht die gewerbliche Nutzung von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Angeboten betrachtet (s. Einflussfaktor: Gewerbliche Nutzung).

Beispiel: „Ein Nutzer bietet regelmäßig an Wochenenden sein Elektrofahrzeug auf einer Dienstleistungsplattform an.“

Bedeutung: Zuerst wird ein allgemeines Problem bei der privaten Nutzung von (Elektro-) Fahrzeugen thematisiert. In diesem Kontext stellt das private Carsharing eine geeignete Lösungsmethode dar. Ein bereits viel diskutiertes Problem von Elektrofahrzeugen besteht in den

hohen Anschaffungskosten, die aufgrund der niedrigen Betriebskosten nur durch eine sehr hohe Jahresfahrleistung kompensiert werden können, um vergleichbare Lebenszykluskosten wie bei konventionellen Fahrzeugen zu erreichen. Dieser Nachteil stellt eine Kaufbarriere für potenzielle Nutzer dar (s. Einflussfaktor „Kosten“). Unter Berücksichtigung der Standzeit eines Fahrzeugs von durchschnittlich 23 Stunden pro Tag wird deutlich, dass Kraftfahrzeuge im Allgemeinen nur eine sehr geringe Auslastung aufweisen (s. OPEL 2015) (s. Einflussfaktor „Kosten“).

Nach Meinung von AUSTRIATECH stellt das private Carsharing eine geeignete Methode dar, um durch eine höhere Auslastung die hohen Anschaffungskosten eines Elektrofahrzeugs zu kompensieren (s. AUSTRIATECH 2015, S. 19). Das private Carsharing ist im Vergleich zu der gewerblichen Variante zwar noch sehr jung, dennoch war in den letzten Jahren ein steigendes Angebot erkennbar (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 173). Zu den Anbietern gehören u. a. Drivy, Opel CarUnity und Tamyc (CARSHARING NEWS 2015). Dabei stellen die Anbieter eine Plattform bereit, auf welcher private Besitzer ihre Fahrzeuge für ausgewählte Nutzergruppen freigeben können (s. HACKER 2014, S. 173). Der Bezahlvorgang wird über diese Plattform abgewickelt, wobei der Eigentümer den Preis für die Nutzung festlegt (s. OPEL 2015). Die Plattforminhaber gewähren meist sowohl den Mietern als auch den Vermietern der Fahrzeuge eine Versicherung, um mögliche Hemmnisse zu reduzieren (s. OPEL 2015). FAZEL stellt heraus, dass durch das Carsharing die Stillstandszeiten maßgeblich reduziert und für die Fahrzeugbesitzer monetäre Anreize geschaffen werden (s. FAZEL 2014, S. 40f.). Das private Carsharing bietet speziell für Personen, die gerne im Besitz eines Elektrofahrzeugs sind, jedoch keine häufige Nutzung anstreben, die Chance, den Unterhalt des Fahrzeugs monetär zu unterstützen.

Zusammenfassung: Das private Carsharing ermöglicht eine höhere Auslastung des Elektrofahrzeugs, wodurch Kostenvorteile generiert werden. Dementsprechend kommt es zu einer geminderten Kaufbarriere, was sich positiv auf die Elektromobilität auswirkt. Für das private Carsharing wird es in Zukunft von Bedeutung sein, dass die Dienstleistungsplattformen größere Nutzerzahlen generieren. Das kann z. B. durch geeignete Marketing-Maßnahmen realisiert werden.

6. Einflussfaktor ‚Weiternutzungsdienste Batterie‘

Definition: „Weiternutzungsdienste beschreiben weiterführende Anwendungsmöglichkeiten für Batterien, sobald diese für eine Nutzung im Elektrofahrzeug nicht mehr geeignet sind.“

Beispiel: „Nach der Nutzung im Elektrofahrzeug wird die Batterie als stationärer Speicher für Solaranlagen verwendet.“

Bedeutung: Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung der Lebensdauer einer Batterie, bevor auf Möglichkeiten zur Weiternutzung eingegangen wird. Abschließend wird das Potenzial von Weiternutzungsdiensten aufgegriffen.

Die Lebensdauer einer Batterie kann unterschiedlich definiert werden. Aus diesem Grund hat es sich bewährt, die Lebensdauer einer Batterie für den Einsatz in Elektrofahrzeugen auf den Zeitpunkt festzulegen, bei dem die Batterie nur noch 80 Prozent ihrer ursprünglichen Leistungsfähigkeit besitzt (s. KLEY 2011, S. 67). Unterschreitet die Batterie diese Grenze, wird eine Weiterverwendung im Elektrofahrzeug als ungeeignet eingestuft (s. PWC 2012, S. 79). Über die Lebensdauer einer Batterie werden in der Fachliteratur unterschiedliche Angaben gemacht. Häufig wird jedoch eine maximale Anzahl von 1000 Ladezyklen genannt (s. KARLE 2015, S. 85). Außerdem wird oft von einer Lebensdauer von acht bis zehn Jahren ausgegangen (s. MDR 2016). In anderer Fachliteratur wird eine Nutzungsdauer von 5 Jahren angegeben, nach welcher die Leistungsfähigkeit der Batterie um 20 % abgenommen hat (s. ILGMANN 2009).

Die Möglichkeit zur Weiternutzung der Batterie über ihre Lebensdauer im Elektrofahrzeug hinaus wird in der Fachliteratur häufig als „zweites Leben [Anm. d. Verf.: der Batterie]“ bezeichnet (EBEL U. HOFER 2014, S. 72). Ein möglicher Anwendungsfall ist die Verwendung als stationärer Speicher für Solaranlagen (s. PWC 2012, S. 80). Es wird erwartet, dass die Batterie bis zu 15 Jahre nach dem Ausscheiden aus dem Elektrofahrzeug für diesen oder ähnliche Anwendungsfälle eingesetzt werden kann (s. EBEL U. HOFER 2014, S. 72). Nach dem „zweiten Leben“ wird die Batterie abschließend, nachdem die Leistungsfähigkeit noch weiter gesunken ist, zum Recycling freigegeben (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 53). Durch das abschließende Recycling lässt sich der Bedarf an zukünftigen Importen bestimmter Metalle reduzieren (s. BRÜNGLINGHAUS 2015).

Aus Sicht der Kunden von Elektrofahrzeugen bieten Weiternutzungsdienste, d. h. Weiterverwendung und Recycling, das Potenzial, zusätzliche Einnahmen zu erwirtschaften, was sich kostenmindernd auf die Lebenszykluskosten auswirkt (s. BURKE 2009, S. 17). Darüber hinaus können Weiternutzungsdienste dazu beitragen, Bedenken der Kunden hinsichtlich eines vorzeitigen Versagens der Batterie zu minimieren (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 103). Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass bisher keine umfassenden Geschäftsmodelle für Weiternutzungsdienste existieren (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 55). Fortschritte auf diesem Gebiet könnten jedoch „die gesellschaftliche Akzeptanz und Konkurrenzfähigkeit der Elektromobilität erhöhen“ (BRÜNGLINGHAUS 2015).

Zusammenfassung: Die Lebensdauer einer Batterie ist begrenzt. Nach der automobilen Erstanwendung besteht die Möglichkeit, die Batterie für andere Anwendungen einzusetzen (z. B. als stationärer Speicher für Sonnenenergie), um für Kunden monetäre Anreize zu schaffen. Eine Umsetzung von Weiternutzungsdiensten erfolgt bislang nicht. Aus diesem Grund ist zukünftig ein erhöhter Forschungsaufwand notwendig, um ein tragfähiges Geschäftsmodell aufzubauen. Außerdem bedarf es Dienstleistungsunternehmen, um die Analyse und den Transfer der Batterien durchzuführen (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 63ff.)

7. Einflussfaktor ‚Neue Servicekonzepte‘

Definition: „Neue Servicekonzepte beschreiben Dienstleistungen, die Marktakteure Nutzern von Elektrofahrzeugen anbieten.“

Beispiel: „Automobilhersteller stellen den Besitzern eines Elektrofahrzeugs mehrmals im Jahr einen kostenfreien Mietwagen zur Verfügung.“

Bedeutung: Für Interessenten der Elektromobilität stellen technische Nachteile des Elektrofahrzeugs oftmals ein Kaufhemmnis dar. Eine Möglichkeit, um die Relevanz technischer Restriktionen zu reduzieren, sind Servicekonzepte der Automobilhersteller (s. PIEPER ET AL. 2013, S. 3). Diese werden den Käufern beim Erwerb eines Elektrofahrzeugs vorgestellt und generieren einen zusätzlichen Anreiz zum Kauf (s. PIEPER ET AL. 2013, S. 3). Zu den Servicekonzepten zählen u. a. das kostenlose Bereitstellen eines Mietwagens, eine erweiterte Garantie für die Batterie und das kostenlose Laden an speziellen Ladesäulen (s. COCCA ET AL. 2015, S. 24f.). Das Angebot eines kostenlosen Mietwagens wird aktuell von Volkswagen beim e-Golf und von BMW beim i3 umgesetzt, bei dem die Kunden bis zu 30 Tage im Jahr auf die entsprechenden Mietwagen kostenfrei zurückgreifen können (s. BMW 2015; s. VOLKSWAGEN 2015). Für Besitzer eines Tesla Model S ist es möglich, an speziellen Ladesäulen das Elektrofahrzeug kostenfrei zu laden, was einen positiven Effekt auf die Betriebskosten hat (s. TESLA MOTORS 2015b). Neben den Dienstleistungsangeboten der Automobilhersteller umfasst der Einflussfaktor ‚Neue Servicekonzepte‘ auch innovative Dienstleistungen von sämtlichen anderen Akteuren auf dem Elektromobilitätsmarkt. So wird beispielsweise bei Energieversorgern ein breiteres Dienstleistungsspektrum bezüglich der Ladeinfrastruktur erwartet (s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 115). Denkbar sind dabei unter anderem Dienstleistungen zur Speicherung von dezentral erzeugter Energie mittels des Elektroautos und Garantien für die Verfügbarkeit von Ladesäulen.

Zusammenfassung: Servicekonzepte ermöglichen die Minderung von technischen Defiziten. Die Aufgabe der Marktakteure wird auch in Zukunft sein, den Nutzern zusätzlich zum Elektrofahrzeug attraktive Mobilitätslösungen anzubieten, um mögliche Anreize für die Elektromobilität zu schaffen (s. LIENKAMP 2012, S. 53). Dazu gehört auch ein größeres Angebot an Servicekonzepten.

4.2.9 Lokaler Einflussbereich ‚Automobilhersteller‘

Der Einflussbereich ‚Automobilhersteller‘ umfasst Maßnahmen, die es Automobilherstellern ermöglichen, die Attraktivität der Elektromobilität zu steigern. Ausgenommen sind Maßnahmen, die die technischen Eigenschaften des Elektrofahrzeugs beeinflussen. Es wurden folgende zwei zugehörige Einflussfaktoren identifiziert, welche nun umfassend beschrieben werden.

-
1. Modellvielfalt
 2. Entwicklung des Elektrofahrzeugs auf eigenständiger Plattform

1. Einflussfaktor ‚Modellvielfalt‘

Definition: „Die Modellvielfalt beschreibt die Anzahl und die Unterschiedlichkeit der verschiedenen Elektrofahrzeugmodelle von Automobilherstellern.“

Beispiel: „Der Großteil der Automobilhersteller bietet in jeder Fahrzeugklasse mindestens ein Elektrofahrzeug an.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Die [...] beschränkte Angebots- und Modellvielfalt der Fahrzeuge führt [...] zu einer [...] Einschränkung bei der Entwicklung der Elektromobilität“ (PÖTSCHER 2015, S. 6). Dieser Zusammenhang wird nachfolgend näher erläutert. Zusätzlich werden Strategien der Automobilhersteller hinsichtlich der Modellvielfalt thematisiert.

Durch das mangelnde Angebot von Elektrofahrzeugen entsteht bei potenziellen Nutzern ein Akzeptanzproblem (s. PÖTSCHER 2015, S. 9). In einer Umfrage betrachten über die Hälfte der Befragten die geringe Modellvielfalt als mittleres oder großes Hemmnis (s. VOGEL 2009, S. 15). Nach SCHÜHLE hätte eine Ausweitung der Modellvielfalt einen unmittelbaren Effekt auf die Nachfrage von Elektrofahrzeugen (s. SCHÜHLE 2014, S. 138).

Die Modellvielfalt und das Produktportfolio werden im Wesentlichen durch die Strategien der Automobilhersteller bestimmt. Die Hersteller haben durch das Vorhalten von Bauräumen in den bestehenden Fahrzeugen bereits Voraussetzungen geschaffen, die es ermöglichen, in den kommenden Jahren die Modellvielfalt auszuweiten (s. BERNHART ET AL. 2015, S. 5). Die Automobilhersteller haben ein jährlich limitiertes Budget für Entwicklungs- und Produktaufwendungen zur Verfügung, was die Ausweitung der Modellvielfalt einschränkt (s. WANSART 2012, S. 51). Es stehen mehrere Strategien für die Einführung neuer Elektrofahrzeuge zur Verfügung. Nach PROFF ET AL. ist die Unternehmensberatung Kienbaum der Meinung, dass vor allem ein breites Angebot im kleinen und mittleren Fahrzeugsegment entscheidend für die Entwicklung der Elektromobilität ist (s. PROFF ET AL. 2013, S. 10). In anderer Fachliteratur wird darauf hin-gewiesen, dass zuerst Elektrofahrzeuge im Premiumsegment angeboten werden sollten, da dort eine höhere Zahlungsbereitschaft vorhanden ist (s. COCCA ET AL. 2015, S. 38). Unabhängig von den möglichen Strategien müssen sich die Automobilhersteller am Bedarf des Marktes orientieren (s. WANSART 2012, S. 51).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die Ausweitung der Modellvielfalt einen positiven Einfluss auf den Absatz von Elektrofahrzeugen ausübt (s. WANSART 2012, S. 100). Das ist damit zu begründen, dass die Wahrscheinlichkeit für den Kauf eines Elektrofahrzeugs durch ein erweitertes Angebot steigt (s. HORVARTH & PARTNERS 2014). In Zukunft wird es vor allem darauf ankommen, ein kundenorientiertes Produktportfolio anzubieten. Darüber hinaus sind optimierte Plattformen notwendig, um eine größere Variantenvielfalt zu ermöglichen (vgl. Entwicklung des Elektrofahrzeugs auf eigenständiger Plattform).

2. Einflussfaktor ‚Entwicklung des Elektrofahrzeugs auf eigenständiger Plattform‘

Definition: „Die Entwicklung des Elektrofahrzeugs auf eigenständiger Plattform beinhaltet eine grundlegende und umfassende Neuentwicklung eines Elektrofahrzeugs.“

Beispiel: „Der BMW i3 und das Tesla Model S sind Elektrofahrzeuge, bei denen eine grundlegende Neuentwicklung vorliegt.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Um die Wettbewerbsfähigkeit des Elektrofahrzeugs im Vergleich zum konventionellen Fahrzeug zu stärken, müssen neue Konstruktions- und Produktionskonzepte entwickelt werden“ (s. KAMPKER 2014, S. 15). Dieser Zusammenhang wird nachfolgend näher erläutert. Dazu wird zuerst auf das Conversion-Design eingegangen, bevor eine Beschreibung des Purpose-Design erfolgt.

Die Mehrheit der verfügbaren Elektrofahrzeuge weist die Gemeinsamkeit auf, dass sie im sogenannten Conversion-Design entwickelt worden sind (s. BURKERT 2015; s. BERNHART ET AL. 2015, S. 6). Beim Conversion-Design wird bei einem konventionellen Fahrzeug der mechanische durch den elektrischen Antriebsstrang ersetzt, wobei die Karosserie, das Fahrwerk und der Fahrzeuginnenraum unverändert bleiben (s. KAMPKER 2014, S. 14). Aus Sicht der Automobilhersteller entsteht der Vorteil, dass die Elektrofahrzeuge im Conversion-Design auf derselben Produktionslinie wie konventionelle Fahrzeuge gefertigt werden können (s. WALLENTOWITZ ET AL. 2010, S. 116f.). Dadurch kommt es zu Kosteneinsparungen und einer Risikominimierung. Andererseits gehen mit dem Conversion-Design Kompromisse in Bezug auf das Gewicht und konstruktive Einschränkungen einher (s. ECKSTEIN 2011, S. 61; s. KARLE 2015, S. 18).

Eine Alternative zum Conversion-Design stellt das Purpose-Design dar (s. BURKERT 2013, S. 2). Beim Purpose-Design „handelt es sich um eine grundlegende Neuentwicklung und -gestaltung des Fahrzeugs abgestimmt auf die technologischen Randbedingungen und Designfreiheiten der Elektromobilität“ (WALLENTOWITZ et al. 2010, S. 117). Durch die Neuentwicklung entsteht ein Fahrzeugkonzept, das sämtlichen Anforderungen eines Elektrofahrzeugs gerecht wird (s. KAMPKER 2014, S. 15). Das betrifft u. a. Aspekte wie den Luftwiderstand, die Energieeffizienz, den Bauraum und die Raumfunktionalität (s. SUCK U. SPENGLER 2014, S. 14). Durch das Purpose-Design

ist es beispielsweise möglich, die Batterie am Fahrzeugboden zu installieren und den Elektromotor im Heck unterzubringen, woraus fahrdynamische Vorteile resultieren (s. WALLENTOWITZ et al. 2010, S. 117). Dem stehen erhöhte Entwicklungskosten gegenüber (s. BERNHART ET AL. 2015, S. 6f.).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass ein erhöhter Anteil von Elektrofahrzeugen im „Purpose-Design“ durch das Ausnutzen des technologischen Potenzials einen positiven Einfluss auf die Elektromobilität ausübt. Um die hohen Entwicklungskosten des Purpose-Designs auf mehrere Fahrzeuge umzuverteilen, sind Kooperationen unter Automobilherstellern denkbar (s. Einflussfaktor ‚Kooperationen‘).

4.2.10 Lokaler Einflussbereich ‚Energiewirtschaft‘

Beim Einflussbereich ‚Energiewirtschaft‘ stehen Eigenschaften und Merkmale der Bereitstellung elektrischer Energie als primäre Anforderung für die Fortbewegung von Elektrofahrzeugen im Vordergrund. Es wurden folgende drei zugehörige Einflussfaktoren identifiziert, welche nun umfassend beschrieben werden.

1. Ladeinfrastruktur
2. Erneuerbare Energien
3. Smart Grid

1. Einflussfaktor ‚Ladeinfrastruktur‘

Definition: „Die Ladeinfrastruktur beschreibt die örtliche und zeitliche Verfügbarkeit von öffentlich zugänglichen Ladepunkten in Deutschland.“

Beispiel: „Nutzer der Elektromobilität können innerhalb eines Radius von 10 km eine freie Ladesäule erreichen.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Die Infrastrukturentwicklung hat maßgeblichen Einfluss auf die Marktentwicklung von alternativen Antrieben [Anm. d. Verf.: Elektrofahrzeuge]“ (WANSART 2012, S. 179). In unterschiedlicher Fachliteratur wird aufgegriffen, dass die Ladeinfrastruktur einen wesentlichen Einfluss auf die Elektromobilität ausübt und entscheidend für deren zukünftige Entwicklung ist (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 12; s. SCHÖNFELDER ET AL. 2009, S. 378; s. PÖTSCHER 2015, S. 9). Dieser Zusammenhang wird nachfolgend näher erläutert. Dazu werden ebenfalls mögliche Arten von Ladepunkten aufgezeigt, bevor Voraussetzungen für eine flächendeckende Ladeinfrastruktur erörtert werden. Abschließend findet eine Beschreibung möglicher Herausforderungen statt.

Es wurde bereits umfassend dargelegt, dass die Reichweite eines Elektrofahrzeugs in Einzelfällen nicht für die tägliche Fahrt des Nutzers ausreicht (s. Einflussfaktor „Reichweite“). Untersuchungen haben ergeben, dass dies bei 10 Prozent der täglichen Fahrten zutrifft (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 17). Die Problematik der Reichweite steht im engen Zusammenhang mit der Ladeinfrastruktur, die bisher nicht im gewünschten Maße verfügbar ist (s. COCCA ET AL. 2015, S. 71). Die Kombination aus Mangel an Reichweite und geringer Abdeckung von Ladepunkten führt zu einer eingeschränkten Nutzbarkeit der Elektromobilität durch potenzielle Nutzer, wodurch bei diesen ein Akzeptanzproblem entsteht (s. COCCA ET AL. 2015, S. 71; s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 6). Eine mangelnde Verfügbarkeit von Ladepunkten kann auch ein psychologisches Problem darstellen, bei dem Nutzer eine höhere Unsicherheit verspüren (s. FAZEL 2014, S. 297f.). Diese Unsicherheit kann wiederum Interessierte der Elektromobilität von einem möglichen Kauf abhalten (s. WANSART 2012, S. 179). Es ist nachvollziehbar, dass für eine erfolgreiche Entwicklung der Elektromobilität eine flächendeckende Ladeinfrastruktur, die mit steigender Verfügbarkeit und Sichtbarkeit einhergeht, notwendig ist (s. PEHNT ET AL. 2007, S. 9).

Ladepunkte können grundsätzlich privat (z. B. eigene Wohnung), halbprivat (z. B. Firmenparkplatz), halböffentlich (z. B. Einkaufszentren) oder öffentlich (z. B. Straße, Plätze) verfügbar sein (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2013, S. 48). Im Folgenden wird der Fokus auf halböffentliche und öffentliche Ladepunkte gelegt. Es lässt sich zwischen Ladepunkten und Ladestationen unterscheiden. Während unter dem Begriff ‚Ladepunkt‘ genau ein Anschluss, an welchem stets nur ein Elektrofahrzeug geladen werden kann, zu verstehen ist, kann eine Ladestation einen oder mehrere Ladepunkte umfassen. (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2013, S. 8 ff.)

Damit Nutzer der Elektromobilität bestehende und zukünftig verfügbare Ladepunkte uneingeschränkt nutzen können, bedarf es gewisser Voraussetzungen. Der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur orientiert sich an den Fahrzeugbeständen von Elektrofahrzeugen und sollte dabei einem Verhältnis von 10 zu 1 (Elektrofahrzeuge zu Ladepunkten) entsprechen (s. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2013). Um Kunden ferner ein umfassendes Angebot an Ladepunkten zu ermöglichen, sind Roaming-Verträge zwischen verschiedenen Ladeinfrastruktur-Betreibern notwendig (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 130). Bisher war es Nutzern oftmals nur möglich, Ladestationen von einem bestimmten Betreiber zu verwenden, wenn die Nutzer mit diesem Betreiber einen Vertrag geschlossen haben (s. BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE 2013). Das Ziel von Roaming-Verbänden ist es, Nutzern den Zugang zu sämtlichen öffentlichen Ladestationen zu ermöglichen. Dazu gehören auch einheitliche Bezahlvorgänge, die für eine komfortable Nutzung nötig sind (s. AUSTRIATECH 2015, S. 38).

Um diese Voraussetzungen zu erreichen, müssen verschiedene Herausforderungen bewältigt werden. Für den angestrebten Ausbau der Ladeinfrastruktur bis 2020 ist ein hohes

Finanzierungsvolumen von knapp 550 Millionen Euro erforderlich (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 5). Durch die langen Ladezeiten der Elektrofahrzeuge erweist sich das Geschäftsmodell „Ladeinfrastruktur“ derzeit als nicht rentabel (s. TEICHMANN ET AL. 2012, S. 83), da durch dieses die für die Rentabilität notwendige Nachfrage ausbleibt (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 129). Demnach erscheint es notwendig, die Ladeleistung mithilfe von technischen Innovationen und einem umfassenden Ausbau der Ladeinfrastruktur nachhaltig zu erhöhen, ohne dass es zu einer Überlastung der Infrastruktur oder der Fahrzeugbatterie kommt.

Zusammenfassung: Durch die geringe Reichweite von Elektrofahrzeugen ist eine flächen-deckende Ladeinfrastruktur notwendig. Dazu wird die Initiative verschiedener Marktakteure erforderlich sein. Energieversorger gelten als besonders prädestiniert für den Ausbau der Ladeinfrastruktur, da Ladestationen das bisherige Geschäftsmodell ergänzen und somit Synergie-Effekte ermöglichen bzw. Transferkosten minimieren (vgl. PWC 2012, S. 82). Das Unternehmen Tesla hat jedoch gezeigt, dass ebenfalls Automobilhersteller zum Ausbau der Ladeinfrastruktur beitragen können (s. TESLA MOTORS 2015b). Darüber hinaus bieten sich Betreiber von Parkplätzen und Parkhäusern an, um die Ladeinfrastruktur voranzubringen (s. PWC 2012, S. 83).

2. Einflussfaktor ‚Erneuerbare Energien‘ (Anteil erneuerbarer Energien am Ladestrom)

Definition: „Der Anteil von erneuerbaren Energien am Ladestrom bezieht sich auf die Quelle der Stromerzeugung und die damit verbundenen Emissionen.“

Beispiel: „Der Anteil von erneuerbaren Energien am Ladestrom für Elektrofahrzeuge beträgt 20 Prozent.“

Bedeutung: Das folgende Zitat beschreibt die Bedeutung des Einflussfaktors: „Erneuerbare Energien und Elektromobilität ergänzen sich“ (BMUB 2014). Dieser Zusammenhang wird nachfolgend näher erläutert. Dazu wird zuerst auf das Image der Elektromobilität eingegangen, bevor eine Betrachtung aus technischer Perspektive erfolgt.

Im Kontext des Einflussfaktors ‚Image‘ (s. Einflussfaktor ‚Image‘) wurde bereits erläutert, dass der Elektromobilität ein umweltfreundliches und „grünes“ Image zugeordnet wird. Zur Aufrechterhaltung dieses Images ist es ausschlaggebend, dass ein möglichst großer Anteil des Ladestroms aus erneuerbaren Energien stammt (s. FRENZEL ET AL. 2015, S. 31). In einer Umfrage unter Verbrauchern, mit der die Bedeutung der erneuerbaren Energien für die Elektromobilität untersucht wird, gab ein Großteil der Befragten an, dass die Umweltfreundlichkeit der Elektromobilität an die Nutzung erneuerbarer Energien gebunden sei (s. Abbildung 4.2-6). Ein diesbezüglicher Mangel an erneuerbaren Energien könnte aus diesem Grund einen negativen Einfluss auf die Elektromobilität ausüben (s. PETERS ET AL. 2013, S. 223).

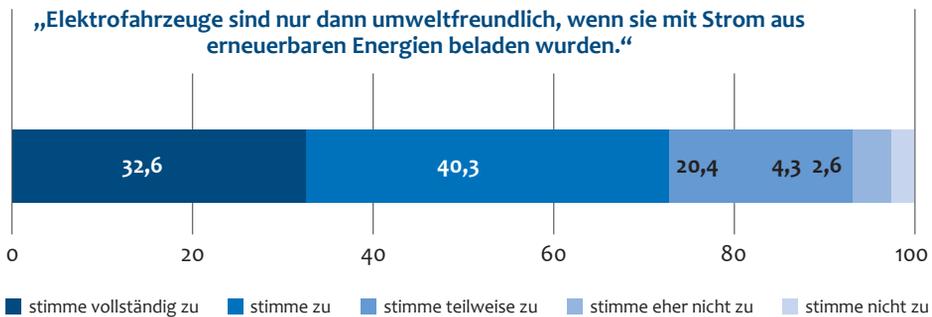


Abbildung 4.2-6: Ergebnisse einer Umfrage zum Thema Elektromobilität (BOZEM ET AL. 2013, S. 67)

Nun erfolgt eine Betrachtung aus technischer Perspektive. Ursächlich für die indirekt beim Laden eines Elektrofahrzeugs verursachten Emissionen ist der aktuelle Strommix in Deutschland, der nur zu ungefähr 25 Prozent aus erneuerbaren Energien besteht (vgl. Wirkmechanismus) (s. BMWI A 2015). Es erscheint sinnvoll, dass eine reine Umverteilung der erneuerbaren Energien – hin zu einer vermehrten Nutzung im Kontext der Elektromobilität – dem Anspruch der Umweltfreundlichkeit der Elektromobilität nicht gerecht werden würde (s. RICHTER U. LINDENBERGER 2010, S. 16). Vielmehr muss im Zuge der wachsenden Bedeutung von Elektromobilität auch der Ausbau von erneuerbaren Energien umfassend vorangetrieben werden, um den Strommix in Deutschland zu optimieren (s. Wirkmechanismus) (s. RICHTER U. LINDENBERGER 2010, S. 16). Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass eine direkte Kopplung zwischen dezentralen, regenerativen Stromerzeugern (z. B. Offshore-Windparks) und den öffentlichen Ladestationen für Elektrofahrzeuge technisch nur schwierig umzusetzen ist (s. PEHNT ET AL. 2007, S. 10). Als positiv zu bewerten sind dagegen Ladestationen, die durch eine lokale Solaranlage betrieben werden (s. FRENZEL ET AL. 2015, S. 27f.).

Wirkmechanismen: Die Wirkmechanismen werden anhand der Well-to-Wheel-Analyse erläutert. Das Ziel der Well-to-Wheel-Analyse ist es, die Umweltfreundlichkeit verschiedener Antriebstechnologien auf Basis einer der verursachten Emissionen zu vergleichen (s. RICHTER U. LINDENBERGER 2010, S. 6f.). Dabei werden sowohl die während der Fahrt erzeugten Emissionen (Tank-to-Wheel) als auch die auf die Erzeugung des Kraftstoffs oder Stroms entfallenen Emissionen (Well-to-Tank) berücksichtigt (s. RICHTER U. LINDENBERGER 2010, S. 7). Tabelle 4.2-4 zeigt die Emissionen verschiedener Technologien nach SCHALLABÖCK U. FISCHEDICK für das Jahr 2010.

In Tabelle 4.2-4 werden die jeweiligen Emissionen der Kraftstoff- bzw. Stromerzeugung und die durch das Fahren verursachten Emissionen gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass rein batterieelektrische Fahrzeuge beim Fahren keine CO₂-Emissionen ausstoßen, während Dieselfahrzeuge mit 126 g CO₂/km (innerorts) und 98 g CO₂/km (innerorts und außerorts)

	Diesel (innerorts)	Diesel	BEV	BEV (erneuerbare Energien)
Well-to-Tank	18	18	131	16
Tank-to-Wheel	126	98	0	0
Well-to-Wheel	144	116	131	16

*Tabelle 4.2-4: Emissionen verschiedener Technologien (in Gramm CO₂/km)
(eigene Darstellung i. A. a. SCHALLABÖCK U. FISCHEDICK 2012, S. 45)*

kombiniert) den Großteil ihrer Gesamtemissionen während der Fahrt emittieren. Darüber hinaus zeigt sich, dass ein großer Unterschied zwischen dem Betrieb von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) mit regenerativem Strom (16 g CO₂/km) und dem Betrieb mit dem deutschen Strommix (131 g CO₂/km) vorherrscht. Als Strommix wird die aktuelle Verteilung aller Stromquellen in Deutschland bezeichnet. Vor allem Kohlekraftwerke tragen hier zu einem hohen Emissionsausstoß bei (s. SCHALLABÖCK U. FISCHEDICK 2012, S. 42).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass die Umweltfreundlichkeit von Elektrofahrzeugen unmittelbar mit erneuerbaren Energien assoziiert wird und effektiv zusammenhängt. Damit die Elektromobilität einen entscheidenden Beitrag gegen den Klimawandel leisten kann, muss die regenerative Stromerzeugung weiter gefördert und ausgebaut werden (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 32).

3. Einflussfaktor ‚Smart Grid‘

Definition: „Der Begriff Smart Grid bezeichnet ein Energienetzwerk, welches das Verbrauchs- und Einspeiseverhalten aller Partizipierenden integriert und für eine intelligente Energieverteilung nutzt.“ (SCHOLZ ET AL. 2012, S. 6).

Beispiel: „Durch die Integration der Batterie eines Elektrofahrzeugs in das Energienetzwerk ist es möglich, dass die Batterie überschüssigen Strom aus regenerativen Quellen aufnimmt und bei Bedarf wieder in das Stromnetz einspeist.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Bedeutung des Einflussfaktors wider: „Elektrofahrzeuge sollen [...] als Ausgleichsoption Strom aus erneuerbaren Energien speichern und somit das Stromnetz stabilisieren“ (BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 109). Dieser Zusammenhang wird nachfolgend genauer erläutert. Dazu wird zuerst auf ein Problem regenerativer Stromerzeuger eingegangen, bevor eine Beschreibung des Smart Grids erfolgt. Abschließend werden Vorteile, die durch die Verwendung des Smart Grids entstehen, aufgezeigt.

Dass ein Ausbau von regenerativen Energien vorangetrieben wird, wurde bereits im Abschnitt zu erneuerbaren Energien (s. Einflussfaktor „Anteil von erneuerbaren Energien am Ladestrom“) thematisiert. Regenerative Stromerzeuger (z. B. Windparks und Solaranlagen) weisen die Eigenschaft auf, dass aufgrund des wechselnden Wetters die Stromerzeugung nicht kontinuierlich erfolgt (s. BMUB 2014). Dies führt dazu, dass zu bestimmten Zeiten das Angebot von elektrischer Energie die Nachfrage übersteigt (s. MAYER U. MÜHLENHOFF 2010, S. 5). In einem solchen Szenario ist es sinnvoll, den überschüssigen Strom zu speichern, um ihn zu einem späteren Zeitpunkt wieder zur Verfügung zu stellen, wenn sich ein entsprechendes Verhältnis von Angebot und Nachfrage einstellt (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014a, S. 45). In Extremfällen geht der Strom bei einem Überangebot durch die Abschaltung der Anlagen verloren, wodurch das Potenzial von regenerativen Stromquellen nicht vollständig ausgenutzt wird (s. PROFF ET AL. 2012, S. 13). Die Speicherung von überschüssigem Strom kann durch Pumpspeicherwerke, Druckluftspeicher oder Batterien erfolgen (s. BENDER ET AL. 2013, S. 37f.). Nachfolgend werden ausschließlich die in Elektrofahrzeugen verbauten Batterien berücksichtigt.

Die Voraussetzung zur Speicherung des überschüssigen Stroms in Batterien eines Elektrofahrzeugs ist das Bestehen eines Smart Grids (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014a, S. 45). Das Smart Grid stellt die angebotene und nachgefragte Menge des Stroms gegenüber und leitet bei einem Überangebot den überschüssigen Strom an die Elektrofahrzeuge, die dafür mit dem Stromnetz verbunden sein müssen, weiter (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 109). Bei sehr hoher Nachfrage kann situationsabhängig der Strom aus den Batterien wieder ins Stromnetz gespeist werden (s. MAYER U. MÜHLENHOFF 2010, S. 5). Durch eine steigende Anzahl von Elektrofahrzeugen steigt auch das Potenzial von Smart-Grid-Lösungen im Kontext der Elektromobilität (s. AUSTRIATECH 2015, S. 35). Eine technische Umsetzung dieses Konzepts existiert bisher noch nicht (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 32).

Für Nutzer von Elektrofahrzeugen entsteht durch das Smart Grid ein monetärer Vorteil (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 109). Durch das Laden des Elektrofahrzeugs bei einem Angebotsüberschuss und das Entladen bei hoher Nachfrage entsteht eine Preisdifferenz zum regulären Laden, die direkt dem Nutzer zugute kommt (s. PWC 2012, S. 82). Zusätzlich können Elektrofahrzeuge im Rahmen eines Smart Grids zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen, wodurch positive Effekte für die Betreiber des Stromnetzes entstehen (s. BARTHOLL ET AL. 2012, S. 4). Darüber hinaus wird das Potenzial erneuerbarer Energien stärker ausgeschöpft, sodass ein Ausbau dieser wirtschaftlich attraktiver wird (vgl. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 3).

Zusammenfassung: Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen unterliegt Schwankungen. Das Smart Grid bietet in diesem Zusammenhang eine geeignete Möglichkeit, das Stromnetz zu stabilisieren und bietet zudem monetäre Anreize für Nutzer der Elektromobilität. Für die Umsetzung eines flächendeckenden Smart Grids bedarf es erhöhter Forschungsaufwendungen sowie finanzieller Investitionen. Das Schaufenster-Projekt ‚Aktivhaus Plus‘ in Stuttgart erzeugt

beispielsweise doppelt so viel Strom wie es selbst verbraucht und kann so zwei Elektroautos und das Weißenhofmuseum versorgen. Im Rahmen dieses Projekts wurde von 2012 bis 2016 die Vernetzung verschiedener Energieerzeuger und -konsumenten erforscht. (vgl. Nationale PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 33)

4.2.11 Lokaler Einflussbereich ‚Marktcharakteristik‘

Beim Einflussbereich ‚Marktcharakteristik‘ stehen Wettbewerbsstrukturen sowie Kooperationen zwischen Unternehmen im Marktumfeld der Elektromobilität im Vordergrund. Dabei wird ebenfalls die Marktdurchdringung von Elektrokleinstfahrzeugen berücksichtigt. Der Einflussbereich ‚Marktcharakteristik‘ untergliedert sich in die folgenden drei Einflussfaktoren:

1. Erhöhter Wettbewerb
2. Kooperationen
3. Marktdurchdringung von Elektrokleinstfahrzeugen

Die Einflussfaktoren werden nachfolgend umfassend beschrieben.

1. Einflussfaktor: Erhöhter Wettbewerb

Definition: „Der Begriff Wettbewerb beschreibt hier die Konkurrenzsituation verschiedener Akteure auf dem Markt der Elektromobilität.“

Beispiel: „Neue Akteure wie Tesla erhöhen durch qualitativ hochwertige Elektrofahrzeuge den Innovationsdruck für bestehende Automobilhersteller.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Bedeutung des Einflussfaktors wider: „Im engen Zusammenhang mit der Frage des Markterfolgs der Elektromobilität steht die Frage nach den Marktein- und -austritten von Akteuren zur Elektromobilität“ (PROFF ET AL. 2012, S. 250). Außerdem wird in der Fachliteratur beschrieben, dass sowohl die Anbieterstruktur als auch die Wertschöpfung einen Einfluss auf die Elektromobilität ausüben (s. AHREND 2011, S. 18f.). Nachfolgend werden die Zusammenhänge näher erläutert. Zuerst wird die Rolle neuer Akteure thematisiert, bevor auf Veränderungen der Wertschöpfungsstrukturen eingegangen wird. Darauf basierend lassen sich allgemeine Chancen und Risiken für die Marktteilnehmer ableiten. Abschließend wird untersucht, inwiefern klassische Automobilhersteller auf das veränderte Marktumfeld reagieren können.

Die zunehmende Bedeutung der Elektromobilität führt zu grundsätzlichen Veränderungen der involvierten Akteure sowie der Wertschöpfungsstrukturen. Es lässt sich feststellen, dass zunehmend mehr Akteure im Wirkungsradius der Elektromobilität tätig sind, was eine Verschiebung der Machtverhältnisse zur Folge hat (s. KEICHEL U. SCHÖLLER 2013, S. 60). Dazu

zählen zum Beispiel Tesla oder BYD Automotive, die erst im Jahr 2003 gegründet worden sind und heute bereits erfolgreich eigenständig entwickelte Fahrzeuge produzieren und vermarkten (s. KEICHEL U. SCHÖLLER 2013, S. 60; s. PROFF ET AL. 2014, S. 163). Ein Wettbewerbsvorteil von Tesla besteht darin, dass sich das Unternehmen bei der Entwicklung ausschließlich auf Elektrofahrzeuge konzentriert und nur in diesem Bereich wettbewerbsfähig bleiben muss (vgl. MAYER 2014, S. 21). Darüber hinaus drängen vermehrt Energieversorger und IT-Unternehmen auf den Elektromobilitätsmarkt (s. COCCA ET AL. 2015, S. 33).

Die Wertschöpfungsstrukturen verschieben sich innerhalb der Elektromobilität von mechanischen (Verbrennungsmotor und Getriebe) hin zu elektrischen Komponenten (Elektromotor, Leistungselektronik und Batterie) (s. LIENKAMP 2012, S. 37). Die Batterie stellt mit bis zu 40 Prozent einen großen finanziellen Anteil an der Wertschöpfung eines Elektrofahrzeugs dar (s. LIENKAMP 2012, S. 37). Sie wird jedoch meist nicht eigenständig von den Automobilherstellern produziert, sodass der Einfluss dieser sinkt (s. Nationale Plattform Elektromobilität 2014b, S. 20; s. BERNHART ET AL. 2015, S. 5). In Zukunft wird es ferner vermehrt Dienstleistungsanbieter geben, die sich zwischen Endkunde und Automobilhersteller positionieren (s. GAIDE U. OTTO 2015, S. 3). Darüber hinaus ist es neuen Akteuren durch die geringere Wertschöpfungstiefe der Automobilhersteller möglich, in kurzer Zeit mithilfe eines Ingenieurdienstleisters eigenständig ein Elektrofahrzeug zu entwickeln (s. KEICHEL U. SCHÖLLER 2013, S. 60; s. LIENKAMP 2012, S. 52).

Bisher besteht das klassische Geschäftsmodell eines Automobilherstellers aus der Entwicklung, der Produktion und dem Vertrieb von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor (s. SCHNEIDER U. GROESSER 2013, S. 44). Zusätzliche Erlöse werden mittels After-Sales-Services generiert (s. SCHNEIDER U. GROESSER 2013, S. 44). Durch die beschriebenen Risiken, die auf bestehende Automobilhersteller wirken, ist davon auszugehen, dass Automobilhersteller auf diese reagieren und ihre Geschäftsmodelle verändern werden (s. BOZEM ET AL. 2013, S. 85). In Zukunft werden bestehende Automobilhersteller vermehrt als Mobilitätsanbieter auftreten (s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 40). In diesem Zusammenhang ist die BMW AG zu nennen, die als Carsharing-Anbieter mit dem Dienst „DriveNow“ tätig ist und im Rahmen dieses Dienstleistungsangebots vermehrt Elektrofahrzeuge einsetzt (s. SCHLESIGER 2015). Neben neuen Geschäftsmodellen sind Automobilhersteller zusätzlich gezwungen, die Entwicklung der Elektromobilität voranzutreiben, um keine Kompetenzlücken gegenüber fortschrittlicheren Akteuren entstehen zu lassen (s. PROFF ET AL. 2013, S. 230). Der zunehmende Druck durch Dienstleistungsanbieter und andere Akteure auf die Automobilhersteller bewirkt, dass die Elektromobilität durch verbesserte und umfassendere Angebote profitiert (s. PROFF ET AL. 2012, S. 394).

Zusammenfassung: Es konnte gezeigt werden, dass durch den erhöhten Wettbewerb unter Akteuren Veränderungen hinsichtlich der Wertschöpfungsstrukturen forciert werden. Daraus entstehen sowohl Chancen als auch Risiken für die beteiligten Marktteilnehmer. Die Elektromobilität profitiert von der neuen Konkurrenzsituation. Für den Bestand

dieses Prozesses darf der Wettbewerb nicht durch mögliche Gesetze zugunsten einzelner Marktteilnehmer eingeschränkt werden.

2. Einflussfaktor: Kooperationen

Definition: „Kooperationen beschreiben strategische Partnerschaften von bzw. zwischen Unternehmen und Forschungsinstituten.“

Beispiel: „BMW und Sixt bilden eine Kooperation zum gemeinschaftlichen Angebot eines Carsharing-Services.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Die Entwicklung der Elektromobilität wird neue Kooperationen [...] erfordern“ (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 166). Grundsätzlich bietet die Elektromobilität durch die hohe Diversität der Branchen ein großes Potenzial für Kooperationen (s. PWC 2012, S. 84). Diese Zusammenhänge werden nachfolgend genauer erläutert. Es werden sowohl allgemeine Ursachen als auch mögliche Herausforderungen für den Zusammenschluss von Kooperationen thematisiert. Abschließend werden konkrete Anwendungsfälle aufgezeigt.

Eine Ursache der Bildung von Kooperationen ist das Ziel der Bündelung von Fachwissen (s. COCCA ET AL. 2015, S. 23). Durch die Einbindung verschiedener Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen können Kompetenzen gebündelt werden, um dem Nutzer von Elektromobilitätsanwendungen ein verbessertes Gesamtangebot zu bieten (s. COCCA ET AL. 2015, S. 23). Zusätzlich gilt es zu berücksichtigen, dass manche Angebote erst durch eine Kombination aus verschiedenen Einzelangeboten den geforderten Kundenanforderungen entsprechen (s. COCCA ET AL. 2015, S. 46). Des Weiteren können durch Kooperationen Synergieeffekte entstehen (s. PWC 2012, S. 84). So können beispielsweise bei einer Kooperation zwischen einer Forschungseinrichtung und einem Unternehmen Forschungserfolge schneller in den Markt eingepflegt werden (s. COCCA ET AL. 2015, S. 23).

Eine weitere Ursache für die Bildung einer Kooperation stellt die Risiko- und Kostenminimierung dar (s. PROFF ET AL. 2012, S. 250). Grundsätzlich herrscht bei der Elektromobilität eine hohe Marktunsicherheit (s. PROFF 2015, S. 28). Um die Entwicklung der Elektromobilität zu fördern, bedarf es weiterer Aufwendungen in der Forschung und Entwicklung. Kooperationen stellen in diesem Zusammenhang eine geeignete Maßnahme dar, um die Forschungsaufwendungen und mögliche Risiken auf mehrere Unternehmen zu verteilen, wodurch die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Umsetzung steigt (s. PROFF ET AL. 2012, S. 398). Eine Kooperation ermöglicht somit nicht nur einen erhöhten Umsatz, sondern auch Planungssicherheit für die Kooperationspartner (s. KLINK ET AL. 2011, S. 2f.).

Neben einigen positiven Effekten von Kooperationen müssen für eine erfolgreiche Umsetzung diverse Herausforderungen bewältigt werden. In diesem Zusammenhang gilt es zu berücksichtigen, dass die verschiedenen Marktteilnehmer oftmals unterschiedliche Ziele verfolgen (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 166). Bei einer Kooperation besteht das Problem, dass einzelne Unternehmen befürchten, zu viel Wissen an den Kooperationspartner abzugeben. Diese Problematik stellt für einige Marktteilnehmer ein Hemmnis dar (s. COCCA ET AL. 2015, S. 46).

Zu den Anwendungsfällen von Kooperationen im Rahmen der Elektromobilität zählen u. a. die Ladeinfrastruktur, die Bereitstellung von Smartphone-Apps und die Mobilitätsdienstleister. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur ist ein wichtiges Ziel, das nur durch Kooperationen und eine Kostenverteilung erreicht werden kann (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 5). Um mittels einer Smartphone-App Ladestationen zu finden, müssen die Betreiber der Ladestationen den Entwicklern der App die nötigen Informationen bereitstellen (s. COCCA ET AL. 2015, S. 48). Für umfassende Mobilitätsdienstleister (s. Einflussfaktor „Multimodale Konzepte“) sind ebenfalls Kooperationen zwischen verschiedenen Marktteilnehmern erforderlich, um die jeweiligen Angebote verknüpfen zu können (s. COCCA ET AL. 2015, S. 28).

Zusammenfassung: Für die weitere Entwicklung der Elektromobilität ist ein hoher Bedarf an Forschungsarbeit erforderlich. Kooperationen bieten die Möglichkeit, das Fachwissen unterschiedlicher Akteure zu bündeln und zu einer Risiko- und Kostenminimierung beizutragen. Damit Kooperationen erfolgreich ablaufen, ist ein gemeinsames Ziel der Akteure notwendig. Um der Befürchtung eines Wissensverlusts gegenüber dem Kooperationspartner entgegenzuwirken, bedarf es klarer vertraglicher Vereinbarungen.

3. Einflussfaktor: Marktdurchdringung von Elektrokleinstfahrzeugen

Definition: „Die Marktdurchdringung von Elektrokleinstfahrzeugen beschreibt das Marktwachstum von Elektrokleinstfahrzeugen und deren Wirkung auf die Elektromobilität.“

Beispiel: „Elektrifizierte Fahrräder (Pedelects) erfreuen sich großer Beliebtheit und weisen ein hohes Marktwachstum auf.“

Bedeutung: Das folgende Zitat spiegelt die Meinung vieler Autoren wider: „Die Entwicklung von Leichtfahrzeugen [...] kann die Verbreitung von Elektrofahrzeugen erleichtern“ (ALBRECHT U. KRAUSE 2013, S. 3). Auch in anderer Fachliteratur wird darauf hingewiesen, dass Elektrokleinstfahrzeuge (hier: Pedelects) „eine Art Türöffner für weitere Elektromobilitätsangebote sind“ (COCCA ET AL. 2015, S. 21). Dieser Zusammenhang wird nachfolgend am Beispiel von Pedelects und Leichtfahrzeugen näher beleuchtet.

Der positive Effekt von Pedelecs auf die Elektromobilität basiert darauf, dass ein Großteil der Bevölkerung Pedelecs mit der Elektromobilität (d. h. Elektrofahrzeugen) assoziiert (s. BLÄTTEL-MINK ET AL. 2011, S. 8). Der Zuwachs der Absatzzahlen von 150.000 Einheiten im Jahr 2009 auf 480.000 Einheiten im Jahr 2014 spiegelt die große Beliebtheit von elektrifizierten Fahrrädern wider (s. STATISTA 2015). Die Autoren JONUSCHAT ET AL. sind ebenfalls der Auffassung, dass sich das Marktwachstum von Elektrozweirädern positiv auf den Erfolg von Elektrokraftfahrzeugen auswirkt (s. JONUSCHAT ET AL. 2012, S. 98). Pedelecs leisten außerdem als Teil intermodaler Dienstleistungsangebote (s. Einflussfaktor: Multimodale Konzepte) einen wichtigen Beitrag zum Gesamtkonzept der Elektromobilität (s. BEVERUNGEN ET AL. 2015, S. 96; s. DALLINGER ET AL. 2011, S. 27).

Neben Pedelecs wird auch Leichtfahrzeugen eine positive Wirkung auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität zugesprochen. (s. ECKSTEIN 2013, S. 850; s. LIENKAMP 2012) Der Renault Twizy ist ein Beispiel für ein solches Fahrzeug, welches die Vorteile des Automobils und des Motorrollers vereinen soll. Mit einer Länge von lediglich 2,3 Metern ist das Modell agil, leicht und gleichzeitig komfortabel bedienbar. Lediglich die Reichweite ist mit 115 km vergleichsweise gering (s. HAIDER 2011).

Zusammenfassung: Die Marktdurchdringung von Elektrokleinstfahrzeugen kann die Einführung weiterer Elektromobilitätsangebote in den Markt erleichtern. Durch eine erhöhte Präsenz von Pedelecs oder Leichtfahrzeugen kann die Beliebtheit der Elektromobilität bei der Bevölkerung gesteigert werden.

4.3 Phase 3: Selektion von Schlüsselfaktoren

4.3.1 Methodische Ausgestaltung

Aus den in Phase 2 identifizierten Einflussfaktoren werden nun Schlüsselfaktoren mit besonders hoher Relevanz ausgewählt. Bei einem Schlüsselfaktor handelt es sich um einen Einflussfaktor, der einen besonders starken Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität ausübt. Die Festlegung von Schlüsselfaktoren erfolgt mithilfe einer Expertenbefragung. Diese Online-Befragung wurde von den Experten innerhalb eines festgelegten Zeitraums selbstständig bearbeitet. Diese Vorgehensweise geht mit verschiedenen Vor- und Nachteilen einher. Im Hinblick auf die Experten sind die Anonymität, die zeitliche Flexibilität und die hohe Akzeptanz, die Online-Befragungen im Allgemeinen erfahren, vorteilhaft (s. BRANDENBURG ET AL. 2009, S. 70). Außerdem können die digital ausgefüllten Fragebögen automatisch ausgewertet werden. Nachteile, wie z. B. Verständnisprobleme bezüglich der gestellten Fragen, können durch eine geeignete Form der Befragung weitestgehend minimiert werden.

Der Fragebogen wurde mit dem Online-Umfrage-Tool zask erstellt, welches sich als besonders benutzerfreundlich erwies. Es wurde eine standardisierte Befragungsmethode bevorzugt, wodurch der zeitliche und administrative Aufwand für die Experten besonders gering ausfällt. Dabei werden zum einen geschlossene Fragen verwendet, da so vermieden wird, dass Einflussfaktoren von den Experten unterschiedlich definiert werden. Zudem ist somit die Vergleichbarkeit der Einflussfaktoren gegeben, wodurch die Auswertung erheblich erleichtert wird. Abbildung 4.3-1 stellt eine exemplarische Frage aus der Umfrage dar.

Wechselkurs*				
36. <i>Beeinflusst die internationale Wettbewerbsfähigkeit und die Kosten für den Bezug von Materialien aus dem Ausland. (Bsp.: Rohstoffpreise, Transport- und Importkosten)</i>				
sehr gering	eher gering	eher hoch	sehr hoch	Enthaltung
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 4.3-1: Exemplarische Frage im Rahmen des Fragebogens (eigene Darstellung)

Es wird die Ordinalskala verwendet, um die Einflussfaktoren in einer Rangfolge zu ordnen. Zur Identifikation der Schlüsselfaktoren sind qualitative Einschätzungen der Experten ausreichend. Die Antwortmöglichkeiten beziehen sich ausschließlich auf den Einflussfaktor. Durch die Einschätzung der Experten wird ermittelt, welchen Einfluss der Einflussfaktor auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität ausübt. Eine kursiv gedruckte Erläuterung und ein Beispiel dienen dem tiefergehenden Verständnis und legen den Zusammenhang zwischen dem Einflussfaktor und der Elektromobilität dar. Die Antwortmöglichkeiten sind wie folgt zu verstehen:

- sehr gering: Der Faktor ‚Finanzierungsangebote‘ hat einen sehr geringen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität.
- eher gering: Der Faktor ‚Finanzierungsangebote‘ hat einen eher geringen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität.
- eher hoch: Der Faktor ‚Finanzierungsangebote‘ hat einen eher hohen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität.
- sehr hoch: Der Faktor ‚Finanzierungsangebote‘ hat einen sehr hohen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität.
- Enthaltung: Diese Auswahl ist zu treffen, wenn der Teilnehmer den Einflussfaktor nicht einordnen kann.

Insgesamt umfasst der Fragebogen 55 Fragen zu ebenso vielen globalen oder lokalen Einflussfaktoren der Elektromobilität. Die Fragen sind sichtbar nach den Einflussbereichen der betreffenden Einflussfaktoren geordnet, jedoch werden lokale und globale Einflussbereiche nicht als solche gekennzeichnet, da dies das Verständnis durch die Experten behindern könnte. Ferner werden sowohl im globalen als auch im lokalen Umfeld auftretende Einflussfaktoren nur einmal abgefragt. Nach der Befragung werden Mittelwerte der Bewertungen gebildet, um anhand der gemittelten Rangfolge der Einflussfaktoren, Schlüsselfaktoren zu erkennen (s. STIER 1999, S. 64). Dazu werden die Expertenstimmen, gewichtet mit den jeweiligen qualitativen Bewertungen, summiert und durch die Anzahl der Expertenstimmen (32) geteilt. Die Gewichtung erfolgt mithilfe der folgenden Faktoren:

- sehr gering: Faktor 1
- eher gering: Faktor 2
- eher hoch: Faktor 3
- sehr hoch: Faktor 4

Wird ein Faktor beispielsweise von sechs Experten mit „sehr gering“, von sieben Experten mit „eher gering“, von acht Experten mit „eher hoch“ und von elf Experten mit „sehr hoch“ bewertet, würde die Berechnung des Mittelwerts wie folgt durchgeführt werden:

$$\text{Mittelwert} = (6 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 3 + 11 \cdot 4) : 32 = 2,75$$

Bevor sich nun der Auswahl der Experten für die Befragung gewidmet wird, ist ein einheitliches Verständnis des Begriffs ‚Experte‘ erforderlich. In der Fachliteratur wird ein Experte als jemand verstanden, der über ein bestimmtes Fachwissen verfügt (s. BOGNER ET AL. 2002, S. 37). Ein Kriterium zur Auswahl eines Experten ist hier, dass der Experte einer beruflichen Tätigkeit im direkten Umfeld der Elektromobilität nachgeht. Endverbraucher oder grundsätzlich technologiebegeisterte Nutzer werden dagegen nicht berücksichtigt. Zur Beantwortung des Fragebogens ist eine nötige Weitsicht und Objektivität nötig, um qualitativ hochwertige

Ergebnisse erzielen zu können. Diese Eigenschaft ist bei Nutzern nicht zwingend gegeben, da diese häufig auf subjektiver Ebene antworten. Experten zeichnen sich in Abgrenzung davon durch eine hohe Tendenz zur Objektivität aus (s. BOGNER ET AL. 2002, S. 9).

Zu den Marktakteuren der Elektromobilität gehören unter anderem Automobilunternehmen, Energieversorger, IKT-Unternehmen und Carsharing-Unternehmen. Es ist offensichtlich, dass für Automobilunternehmen andere Aspekte der Elektromobilität als besonders relevant erachtet werden als für einen Energieversorger. Ein Automobilhersteller legt einen größeren Fokus auf die technischen Eigenschaften der Elektrofahrzeuge, während ein Energieversorger der Thematik rund um die Ladeinfrastruktur eine höhere Bedeutung beimisst. Wenngleich der Experte über eine hohe Objektivität verfügt, werden sich gewisse Effekte durch den beruflichen Hintergrund nicht vermeiden lassen. Aus diesem Grund ist eine Auswahl von Experten aus verschiedenen Bereichen der Elektromobilität erforderlich. Nur durch diese Vorgehensweise kann gewährleistet werden, dass das System der Elektromobilität vollständig abgebildet wird. Experten im Beratungsbereich, die sich beruflich mit der Elektromobilität auseinandersetzen, werden ebenfalls berücksichtigt. Eine vollständige Liste der Teilnehmer befindet sich im Anhang 0, wobei manche der Teilnehmer nicht namentlich genannt werden möchten.

Um die Interaktion und gegenseitige Beeinflussung der ermittelten Schlüsselfaktoren zu analysieren und auf diese Weise die Systemdynamik der Elektromobilität zu erfassen, wird in einem nächsten Schritt eine Vernetzungsanalyse durchgeführt (s. Kapitel 2.3.2) (vgl. REIBNITZ 1992, S. 35). Diese bezieht sich in dieser Arbeit jedoch nicht auf die Einflussbereiche oder Einflussfaktoren (vgl. REIBNITZ 1992, S. 34 f.), sondern auf die identifizierten Schlüsselfaktoren, da auf diese Weise ein höherer Detaillierungsgrad erreicht wird. Im Zuge der Vernetzungsanalyse wird in einer sogenannten Vernetzungsmatrix jeder Faktor mit jedem anderen Faktor in Beziehung gesetzt (s. Tabelle 2.3-1). Die Zahlenwerte der Felder geben dabei an, wie stark die vertikal aufgelisteten Schlüsselfaktoren die horizontal aufgelisteten Elemente beeinflussen. Dazu wird die folgende Bewertungsskala verwendet (s. REIBNITZ 1992, S. 36):

- 1: kein Einfluss
- 2: schwacher oder indirekter Einfluss
- 3: starker Einfluss

Die Ergebnisse der Vernetzung können nun in einem System-Grid dargestellt werden (s. Abbildung 2.3-3). Dieser Begriff meint ein zweiachsiges Diagramm, in welches die Einflussfaktoren anhand ihrer Werte für die Passivsumme und Aktivsumme eingetragen sind (vgl. REIBNITZ 1992, S. 36 f.). Das Diagramm lässt sich die vier Felder „aktiv“, „passiv“, „ambivalent“ und „puffernd“ unterteilen. Diese haben die folgenden Bedeutungen:

aktiv:	hohe Aktivität, niedrige Passivität
passiv:	niedrige Aktivität, hohe Passivität
ambivalent:	hohe Aktivität, hohe Passivität
puffernd:	niedrige Aktivität, niedrige Passivität

Mit der Unterteilung des Systemumfelds in vier Felder wird eine Kategorisierung der Faktoren anhand ihrer Aktivität bzw. Passivität in Bezug auf das System der Elektromobilität beabsichtigt. Außerdem implizieren diese Felder verschiedene Handlungsvorschriften für den Anwender (siehe Kapitel 2.3.2). Der Mittelwert der Aktivsummen sämtlicher Schlüsselfaktoren gibt den Wert auf der Ordinate an, anhand dessen die Schlüsselfaktoren in aktive oder ambivalente und puffernde oder passive Faktoren unterteilt werden können. Analog erfolgt die Einteilung in aktive oder passive und ambivalente oder puffernde Schlüsselfaktoren mithilfe des Mittelwerts der Passivsummen.

4.3.2 Auswertung der Expertenbefragung – globales Umfeld

Die Struktur der Auswertung gestaltet sich wie folgt: Zu jedem der in Phase 1 identifizierten Einflussbereiche, bestehend aus mehreren Einflussfaktoren, werden die Ergebnisse der Expertenbefragung graphisch dargestellt und anschließend näher erläutert. Abschließend erfolgt jeweils eine zusammenfassende Formulierung der wichtigsten Ergebnisse. Es ist zu beachten, dass die sechs Einflussfaktoren, welche sowohl zum globalen als auch zum lokalen Umfeld der Elektromobilität gehören, in beiden Unterkapiteln zur Auswertung herangezogen werden.

Einflussbereich ‚Politik‘

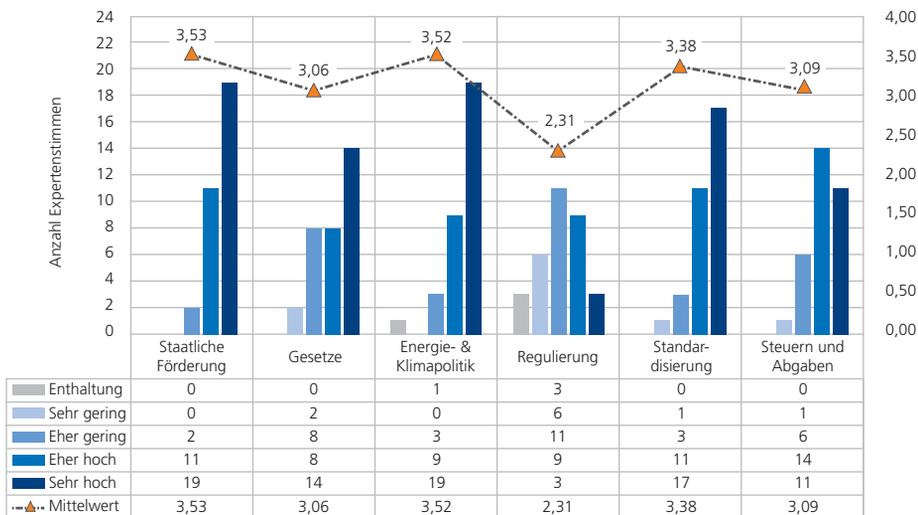


Abbildung 4.3-2: Relevanz der Einflussfaktoren – Politik (eigene Darstellung)

Die Abbildung 4.3-2 visualisiert das Antwortmuster der Experten und die jeweiligen Mittelwerte der Bewertungen für den Einflussbereich Politik. Für vier von sechs Einflussfaktoren wurde der politische Einfluss als sehr hoch eingestuft, wobei die Faktoren ‚Staatliche Förderung‘ und ‚Energie- und Klimapolitik‘ die höchste Zustimmung unter den Teilnehmern erhielten. Außerdem stufte mehr als die Hälfte der Befragten die Standardisierung von Ladetechniken und -steckern ebenfalls als sehr wichtig ein. Die Marktregulierungen wurden hingegen als eher unbedeutend angesehen bzw. durch insgesamt drei Enthaltungen nicht bewertet. Anhand des Diagramms wird deutlich, dass im arithmetischen Mittel die staatliche Förderung (3,53) und die Energie- und Klimapolitik (3,52) die höchste Relevanz aufweisen. Der Einflussbereich Politik erreicht insgesamt eine Durchschnittspunktzahl von 3,20 Punkten und ist somit als sehr bedeutend anzusehen.

Einflussbereich ‚Ökonomie‘

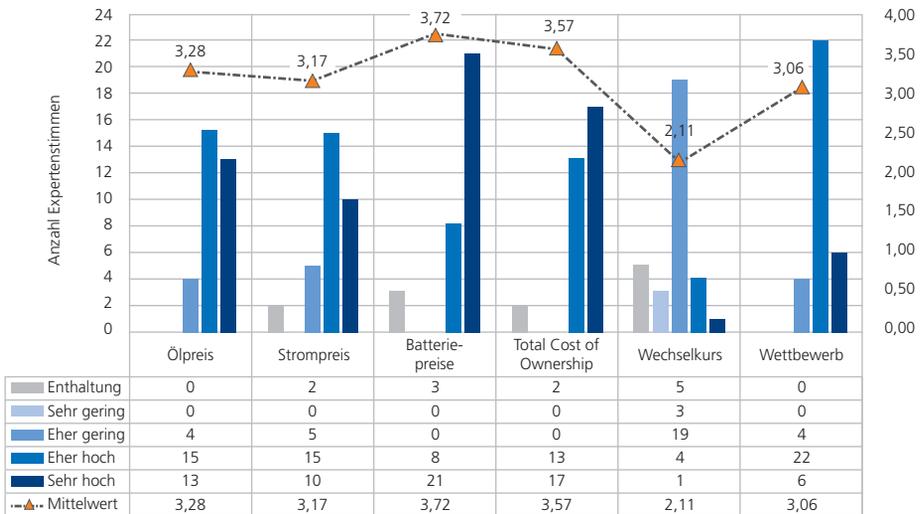


Abbildung 4.3-3: Relevanz der Einflussfaktoren – Ökonomie (eigene Darstellung)

In Abbildung 4.3-3 ist das Meinungsbild zum Einflussbereich Ökonomie zu sehen. Die Batteriepreise und die Total Cost of Ownership (s. lokaler Einflussfaktor ‚Kosten‘) werden als äußerst relevant eingestuft. Somit sind die Kosten der Batterie – vor dem Hintergrund, dass diese auch 50 Prozent der Gesamtkosten eines Elektrofahrzeugs ausmachen – anscheinend besonders bedeutend. Der Rohöl- und der Strompreis erhalten eine etwas niedrigere, dennoch hohe Bewertung. Dies mag auf die hohe Volatilität derselben zurückzuführen sein. Für den Marktwettbewerb gelten ähnliche Einschätzungen (s. lokaler Einflussfaktor ‚Erhöhter Wettbewerb‘). Die Rivalität zwischen den verschiedenen Anbietern ist kein branchenspezifisches Phänomen und gilt als allgemein gültiges Kriterium der Wettbewerbstheorie. Der Einfluss des Devisenmarkts wird vom Großteil der Teilnehmer als unbedeutend angesehen und erfährt in diesem Bereich die größte Ablehnung und zugleich auch die meisten Enthaltungen. Die Betrachtung der Mittelwerte zeigt, dass die Batteriepreise und die TCO mit 3,72 bzw. 3,57 die höchsten Bewertungen erhalten haben. Die Preisentwicklung des Rohöls erfährt mit 3,28 Punkten eine größere Beachtung als die des Strompreises, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass die Förderung des Rohöls mit größeren Risiken und Unsicherheiten als die Stromerzeugung verbunden ist.

Einflussbereich ‚Umwelt‘

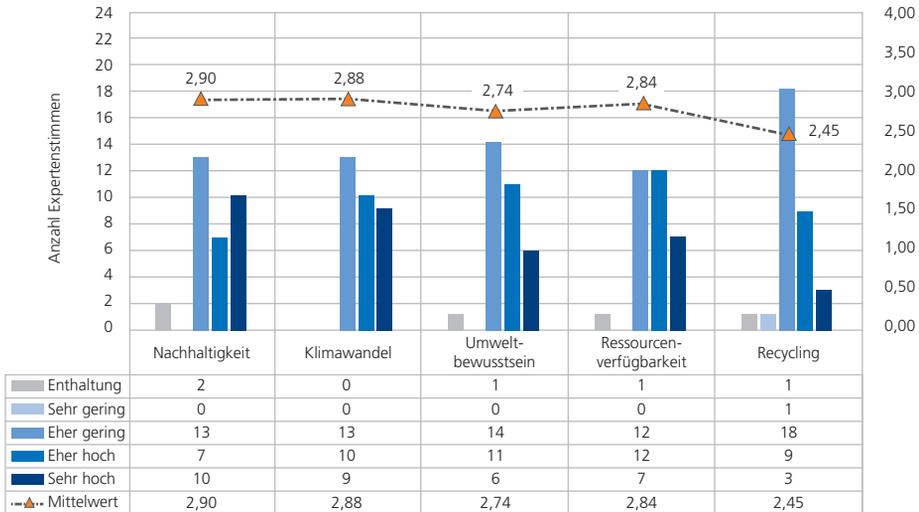


Abbildung 4.3-4: Relevanz der Einflussfaktoren – Umwelt (eigene Darstellung)

Als nächstes werden die ökologischen Standpunkte der Experten in Abbildung 4.3-4 illustriert. Die allgemeine Umweltverantwortung wird von den meisten Unternehmen nicht angenommen, da umweltfördernde Maßnahmen mit hohen Investitionen verbunden sind und nicht wirtschaftlich betrieben werden können. Die Bemühungen beschränken sich auf ein Minimum und die Thematik wird erst dann relevant, wenn das Unternehmen durch die Regierung in Form von Gesetzen und Auflagen zu umweltbewusstem Handeln gezwungen wird. Hohe Forschungskosten sowie kaum vorhandene staatliche Regulierungen senken die Attraktivität einer umweltfreundlicheren Fahrzeugtechnik, obwohl das Image durch den Umstieg deutlich verbessert werden könnte. Diese Zurückhaltung spiegelt sich in den Antworten der Experten wider. Abgesehen von der Ressourcenverfügbarkeit überwiegen bei den umweltrelevanten Einflussfaktoren Stimmen für eine geringe Bedeutung. Die Mittelwerte aller Fragen verlaufen unterhalb der 3,00-Grenze, wobei die Nachhaltigkeit mit 2,90 von möglichen 4,00 Punkten den höchsten Wert aufzeigt. Der Gebrauch von recycelbaren Materialien wurde jedoch mit 2,45 Punkten als am unbedeutendsten bewertet.

Einflussbereich ‚Gesellschaft‘

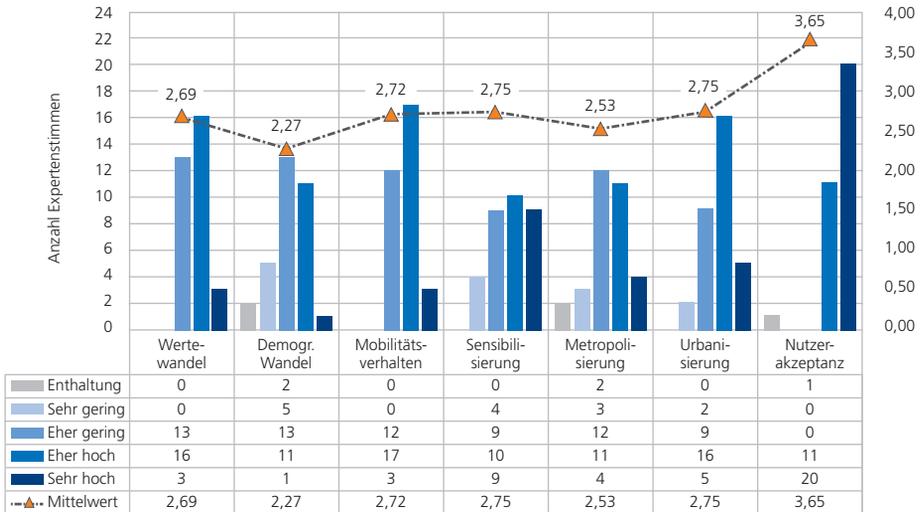


Abbildung 4.3-5: Relevanz der Einflussfaktoren – Gesellschaft (eigene Darstellung)

In diesem Abschnitt wird der Einflussbereich der Gesellschaft anhand von Abbildung 4.3-5 ausgewertet. In den kommenden Jahrzehnten wird der gesellschaftliche Wandel insbesondere durch Megatrends bestimmt und geprägt werden. Die Mobilitätsangebote sollten die Trends der zunehmenden Urbanisierung und der steigenden Lebenserwartung berücksichtigen. Jedoch bewerten die Experten diese Parameter als zweitrangig, da sie nicht zwangsläufig aktiv beeinflussbar sind, was dazu führt, dass der demographische Wandel mit 2,27 Punkten den niedrigsten Wert aufweist. Die Sensibilisierung (entspricht dem lokalen Einflussfaktor ‚Informationstand zur Elektromobilität‘) und die Urbanisierung erreichen mit 2,75 von möglichen 4,00 Punkten den zweithöchsten Wert innerhalb dieser Kategorie. Die Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz der Bevölkerung für die Elektromobilität wurde jedoch als der wichtigste Faktor in diesem Einflussbereich bewertet. Einer der Vorzüge von Elektrofahrzeugen sind die geringen Lärmemissionen im Vergleich zu Benzin- oder Dieselfahrzeugen. Allerdings wird diese prinzipiell positive Eigenschaft von der Gesellschaft negativ aufgefasst, da sie auf der einen Seite die Freude am Fahren hemmen und auf der anderen Seite die Unfallgefahr aufgrund des fehlenden Motorgeräuschs steigern kann. Die Nutzerakzeptanz ist somit eine entscheidende Zielgröße bei der Entwicklung von Elektrofahrzeugen, welche nicht nur von den technischen Aspekten des Elektrofahrzeugs abhängt. Daher erfährt der Einflussfaktor Nutzerakzeptanz im Fragebogen mit 3,65 von möglichen 4,00 Punkten eine vergleichsweise hohe Bewertung.

Einflussbereich ‚Technologie‘

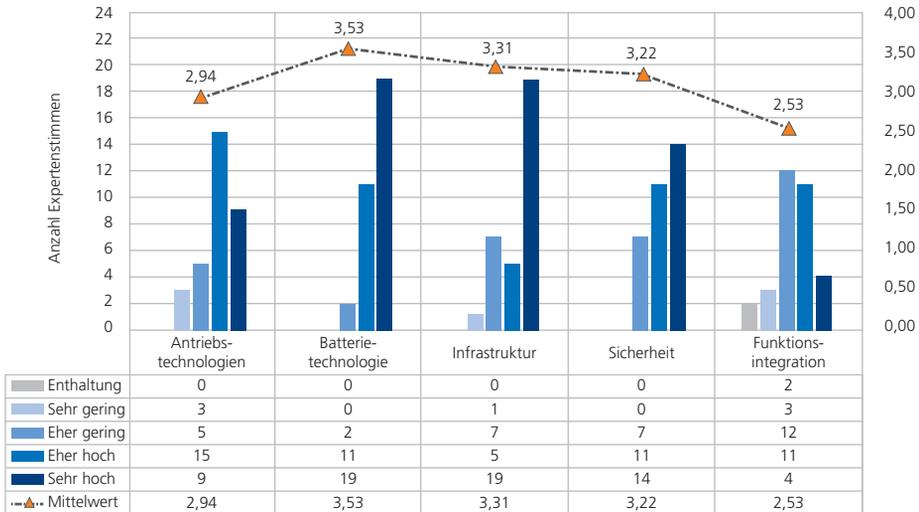


Abbildung 4.3-6: Relevanz der Einflussfaktoren – Technologie (eigene Darstellung)

Die Bewertung der Einflussfaktoren des Einflussbereichs ‚Technologie‘ wird in Abbildung 4.3-6 präsentiert und analysiert. Für eine erfolgreiche Marktetablierung muss zum einen eine ausgereifte Technologie vorliegen, die den Einsatz von Elektrofahrzeugen in Alltagssituationen gewährleistet. Zum anderen ist eine gut ausgebaute Ladeinfrastruktur notwendig, die – einhergehend mit einheitlichen Lade- und Abrechnungskonzepten – die Komplexität erheblich reduziert und den Umstieg für die Bevölkerung erleichtert. Dementsprechend sind die Batterietechnologien (3,53 Punkte) und die Infrastruktur (3,31 Punkte) die einflussreichsten Parameter innerhalb des Einflussbereichs ‚Technologie‘. Die Integration der Elektrofahrzeuge in das elektrische Stromnetz wird von den Experten sehr unterschiedlich bewertet, sodass sie mit einer Bewertung von nur 2,53 Punkten den letzten Platz der Kategorie belegt.

Zusammenfassung – globales Umfeld

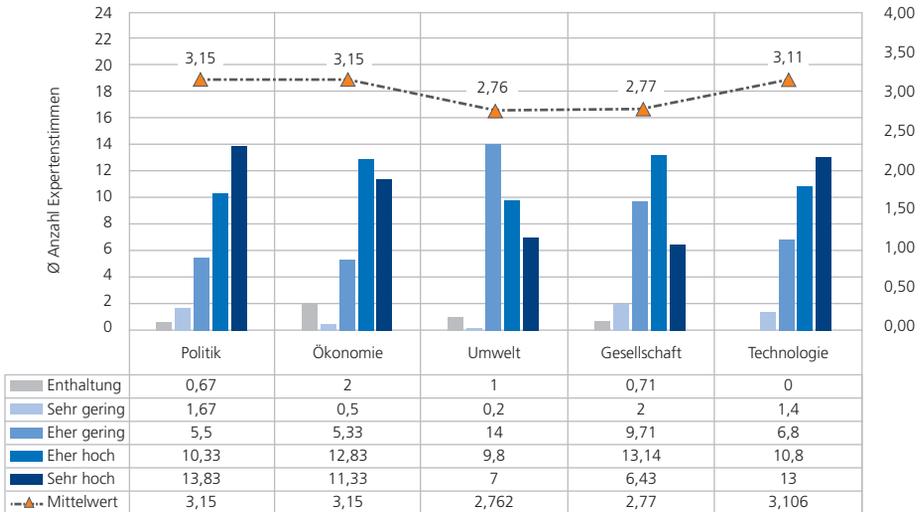


Abbildung 4.3-7: Relevanz der globalen Einflussbereiche (eigene Darstellung)

Es folgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Expertenbefragung zum globalen Umfeld anhand der gemittelten Bewertungen der Einflussbereiche (s. Abbildung 4.3-7). Die Schwankungen zwischen den durchschnittlichen Bewertungen der Bereiche fallen sehr gering aus. Die Abweichung zwischen der höchsten und der niedrigsten Bewertung beträgt lediglich 0,39 Punkte. Die Experten sind der Meinung, dass die zukünftige Entwicklung des Elektromobilitätmarkts insbesondere durch politische Aktivitäten geprägt sein wird. Die monetären Anreize sowie Steuerentlastungen für Verbraucher und Unternehmen sind Ansätze, um den Markt attraktiv zu gestalten. Daher bildet die Politik mit einem durchschnittlichen Wert von 3,15 gemeinsam mit den ökonomischen Einflüssen den wichtigsten Einflussbereich innerhalb der Umfrage. Auf dem dritten Rang folgt mit 3,10 Punkten der Bereich der Technologie. Die Einflussbereiche mit den geringsten Bewertungen sind die Gesellschaft und die Umwelt bzw. Ökologie mit jeweils 2,77 bzw. 2,76 von möglichen 4,00 Punkten. Die Notwendigkeit des ökologischen Handelns ist nicht vorhanden, solange die Automobilindustrie mit Verbrennungsmotoren weiterhin hohe Gewinne erwirtschaften kann. Umweltfreundliche Maßnahmen sind häufig nicht wirtschaftlich. Der bedeutendste Einflussfaktor ist mit 3,72 Punkten ‚Batteriepreise‘, die überwiegend für die Mehrkosten des Elektrofahrzeugs im Vergleich zu Benzin- oder Dieselfahrzeugen verantwortlich sind. Am wenigsten relevant sind die Schwankungen des Devisenmarkts, die mit 2,11 Punkten den schwächsten aller globalen Einflussfaktoren darstellen. In Abbildung 4.3-7 ist abschließend die Gegenüberstellung der Ergebnisse für die globalen Einflussbereiche dargestellt.

4.3.3 Auswertung der Expertenbefragung – lokales Umfeld

In diesem Kapitel wird auf die Evaluierung der Expertenbefragung zu den zuvor beschriebenen lokalen Einflussfaktoren eingegangen. Zunächst werden die Ergebnisse der Expertenbefragung für jeden Einflussbereich graphisch dargestellt, anschließend werden diese erläutert. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse zum lokalen Umfeld.

Einflussbereich ‚Technischer Stand‘

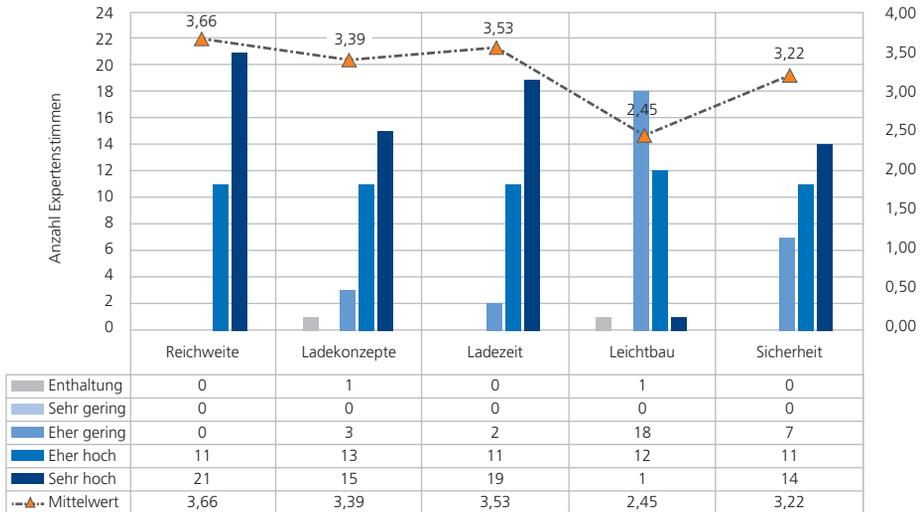


Abbildung 4.3-8: Relevanz der Einflussfaktoren – Technischer Stand (eigene Darstellung)

In Abbildung 4.3-8 sind die Ergebnisse der Expertenbefragung für den Einflussbereich ‚Technischer Stand‘ dargestellt. Der Einflussfaktor ‚Reichweite‘ weist mit 3,66 von möglichen 4,00 Punkten die höchste Bewertung auf. Kein Experte bewertete den Faktor mit „sehr gering“ oder „eher gering“. Die Einflussfaktoren ‚Ladekonzepte‘ (3,39 Punkte) und ‚Ladezeit‘ (3,53 Punkte) sind nach Meinung der Experten ebenfalls sehr wichtig, wobei einige Experten den Einflussfaktoren eine „eher geringe“ Bedeutung beimessen. Der Einflussfaktor ‚Leichtbau‘ (2,45 Punkte) wird innerhalb des Einflussbereichs ‚Technischer Stand‘ als weniger wichtig erachtet. Die Mehrzahl der Experten weist dem Leichtbau eine „eher geringe“ (18) bzw. „eher hohe“ (12) Bedeutung zu. Der Einflussfaktor ‚Sicherheit‘ (3,22 Punkte) ist ebenfalls als wichtig zu erachten. Insgesamt weist der Einflussbereich ‚Technischer Stand‘ mit einer durchschnittlichen Bewertung der Faktoren von 3,25 Punkten die höchste Bedeutung aller Einflussbereiche im lokalen Umfeld auf und ist daher für die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität als sehr wichtig einzustufen. Es wird vor allem entscheidend sein, die Reichweite zu erhöhen und die Ladezeit zu verringern. Entwicklungsfortschritte im Bereich der Ladekonzepte können ebenfalls zum Erfolg der Elektromobilität beitragen.

Einflussbereich ‚Nutzung‘

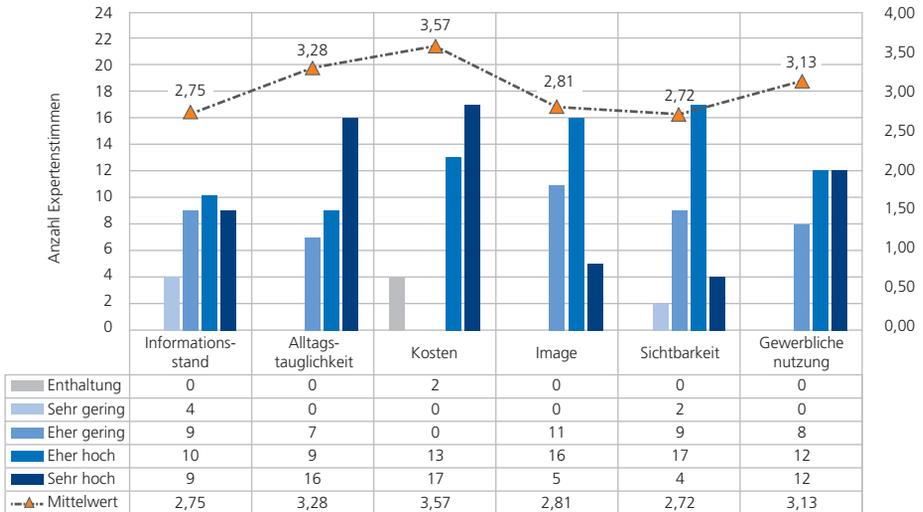


Abbildung 4.3-9: Relevanz der Einflussfaktoren – Nutzung (eigene Darstellung)

Abbildung 4.3-9 illustriert die Umfrageergebnisse für den Einflussbereich ‚Nutzung‘. Für die Nutzung eines Elektrofahrzeugs sind nach Meinung der Experten vor allem die Kosten (3,57 Punkte) und die Alltagstauglichkeit (3,28 Punkte) ausschlaggebend. Für die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität bedarf es aus diesem Grund geeigneter Maßnahmen zur Senkung der Kosten, um die Entwicklung der Elektromobilität nicht zu hemmen. Auch die Alltagstauglichkeit ist von großer Bedeutung für den Erfolg der Elektromobilität. Die Mehrheit der Experten geht davon aus, dass die gewerbliche Nutzung (3,13 Punkte) ebenfalls einen entscheidenden Beitrag zur zukünftigen Entwicklung der Elektromobilität leisten wird. Die Faktoren ‚Informationsstand‘ (2,75 Punkte), ‚Image‘ (2,81 Punkte) und ‚Sichtbarkeit‘ (2,72) üben grundsätzlich zwar einen Einfluss auf die Elektromobilität aus, sind jedoch als nicht kritisch zu betrachten. Beim Einflussfaktor ‚Informationsstand‘ ist eine besonders hohe Streuung der Ergebnisse zu erkennen. Dies mag darin begründet sein, dass emotionale Werte, wie zum Beispiel das Image oder die schlichte Sichtbarkeit der Elektromobilität, von manchen Experten als ausschlaggebender für die Entwicklung der Elektromobilität angesehen wird als der Informationsstand. Insgesamt weist der Einflussbereich ‚Nutzung‘ mit einer Durchschnittspunktzahl von 3,04 Punkten große Bedeutung auf. Für die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität wird es vor allem wichtig sein, Fortschritte bei den Kosten und der Alltagstauglichkeit zu erzielen.

Einflussbereich ‚Mehrwertdienstleistungen‘

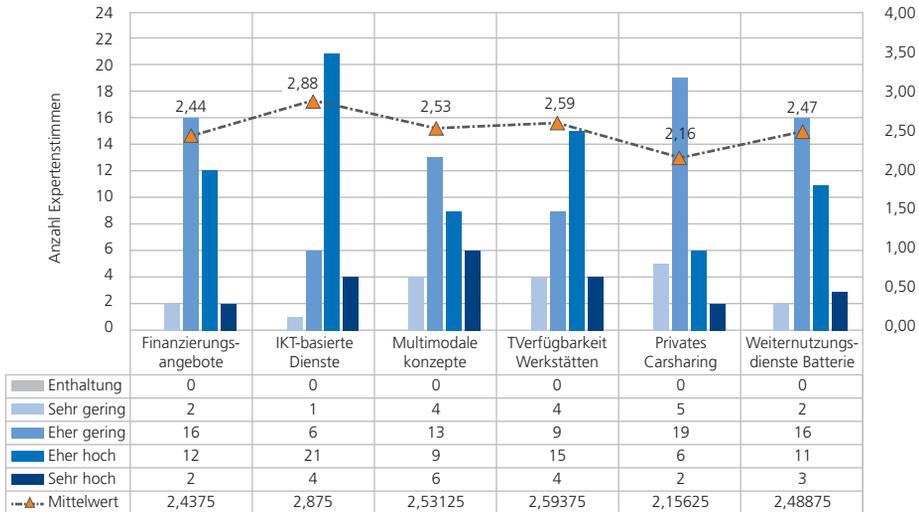


Abbildung 4.3-10: Relevanz der Einflussfaktoren – Mehrwertdienstleistungen (eigene Darstellung)

In diesem Abschnitt erfolgt eine Beschreibung der Umfrageergebnisse zum Einflussbereich ‚Mehrwertdienstleistungen‘ anhand Abbildung 4.3-10. Neue Servicekonzepte (3,23 Punkte) stellen den wichtigsten Einflussfaktor im Einflussbereich ‚Mehrwertdienstleistungen‘ dar. Die Mehrzahl der Experten wies ihnen eine „eher hohe“ bzw. „sehr hohe“ Relevanz zu. Die zweithöchste Bewertung hat der Einflussfaktor ‚IKT-basierte Dienste‘, wenngleich nur wenige Experten davon ausgehen, dass der Einflussfaktor einen „sehr hohen“ Einfluss aufweist. Die Verfügbarkeit von Werkstätten (2,59 Punkte) wird am ehesten als „eher hoch“ eingestuft. Einigkeit unter den Experten herrscht in Bezug auf privates Carsharing (2,16 Punkte), was auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität offensichtlich nur einen geringen Einfluss ausüben wird. Insgesamt weist der Einflussbereich ‚Mehrwertdienstleistungen‘ mit einer Durchschnittspunktzahl von 2,61 Punkten die geringste Bedeutung im lokalen Umfeld auf. Abgesehen von ‚Neuen Servicekonzepten‘ wird die Bedeutung von Dienstleistungen für die Entwicklung der Elektromobilität somit als eher gering eingeschätzt.

Einflussbereich ‚Automobilhersteller‘

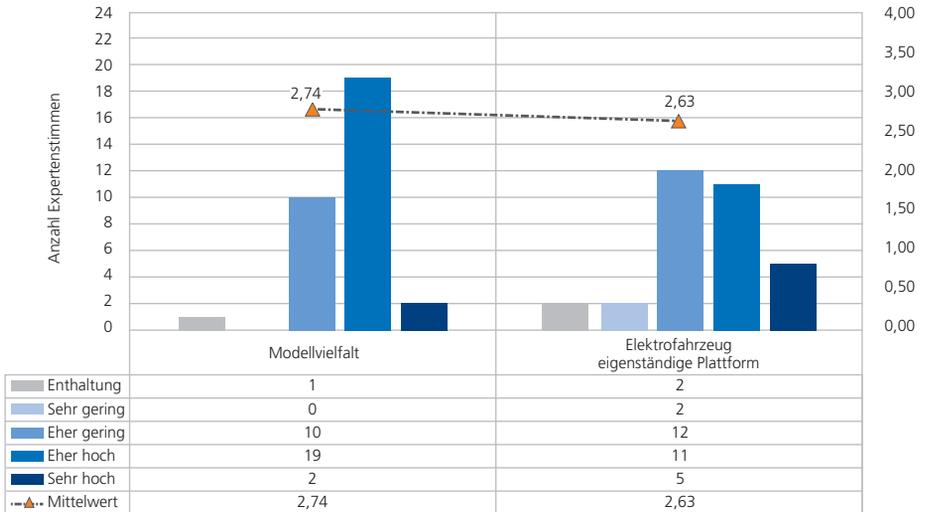


Abbildung 4.3-11: Relevanz der Einflussfaktoren – Automobilhersteller (eigene Darstellung)

In Abbildung 4.3-11 sind die Ergebnisse der Expertenbefragung zum Bereich ‚Automobilhersteller‘ dargestellt. Die Mehrheit der Experten geht davon aus, dass die Modellvielfalt (2,74 Punkte) einen „eher hohen“ Einfluss besitzt, deutlich weniger Experten stufen den Faktor als von „eher geringer“ Bedeutung ein. Die eigenständige Plattform eines Elektrofahrzeugs (2,63 Punkte) weist die geringste Bedeutung der beiden Einflussfaktoren im Einflussbereich Automobilhersteller auf. Insgesamt weist der Einflussbereich ‚Automobilhersteller‘ (2,69 Punkte) im lokalen Umfeld eine durchschnittliche Bedeutung auf.

Einflussbereich ‚Energiewirtschaft‘

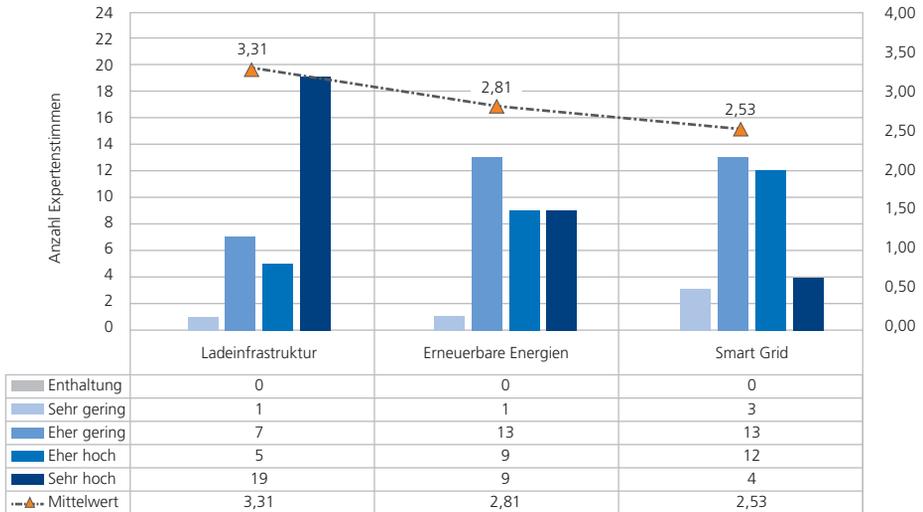


Abbildung 4.3-12: Relevanz der Einflussfaktoren – Energiewirtschaft (eigene Darstellung)

Abbildung 4.3-12 visualisiert die Abstimmungsergebnisse für den Bereich ‚Energiewirtschaft‘. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur (3,31 Punkte) ist nach Meinung der Experten von großer Bedeutung für die Entwicklung der Elektromobilität. Nur ein Viertel der Experten hält diesen Einflussfaktor für „sehr gering“ oder „eher gering“ beeinflussend. Beim Einflussfaktor ‚Erneuerbare Energien‘ (2,81 Punkte) tritt eine hohe Streuung der Ergebnisse auf. Obwohl jeweils neun Experten diesen Einflussfaktor als „eher hoch“ und „sehr hoch“ einschätzen, ist eine Mehrheit von 13 Experten der Meinung, dass die Bedeutung von erneuerbaren Energien „eher gering“ ist. Das Smart Grid (2,53 Punkte) wird hauptsächlich als „eher gering“ und „eher hoch“ eingeschätzt. Demnach ist ein grundsätzlicher Einfluss vorhanden; entscheidend für die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität dürfte das Smart Grid in den kommenden Jahren jedoch nicht sein. Insgesamt besitzt der Einflussbereich ‚Energiewirtschaft‘ (2,89 Punkte) eine durchschnittliche Bedeutung im lokalen Umfeld. Die Experten gehen davon aus, dass insbesondere der Ausbau der Ladeinfrastruktur einen wesentlichen Beitrag zur zukünftigen Entwicklung der Elektromobilität leisten wird.

Einflussbereich ‚Marktcharakteristik‘

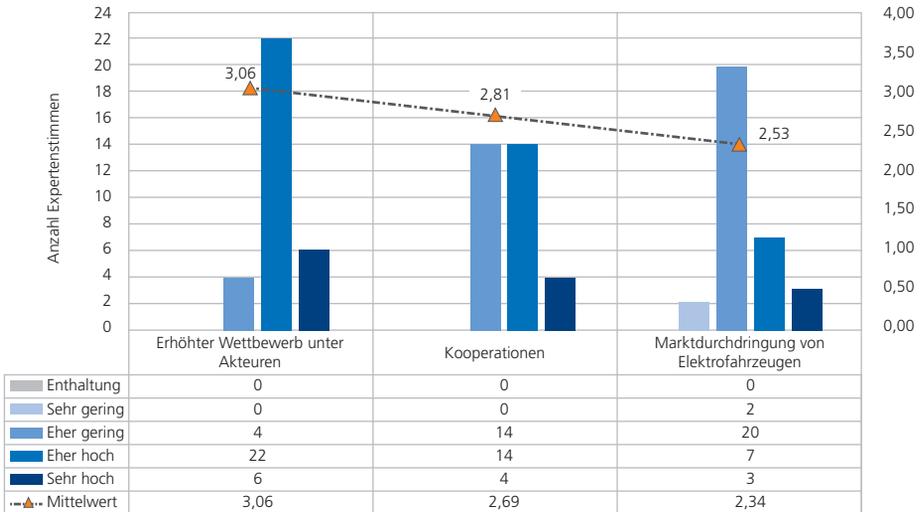


Abbildung 4.3-13: Relevanz der Einflussfaktoren – Marktcharakteristik (eigene Darstellung)

Die Umfrageergebnisse des Einflussbereichs ‚Marktcharakteristik‘ sind in Abbildung 4.3-13 dargestellt. Der erhöhte Wettbewerb unter Akteuren (3,06 Punkte) wird von den Experten als „eher hoch“ eingeordnet. Demnach ist der Eintritt von neuen Akteuren wichtig, um bestehende Akteure dazu zu bewegen, ihre Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten weiter voranzutreiben. Weniger bedeutend sind nach Meinung der Experten ‚Kooperationen‘ (2,69 Punkte), auch wenn keiner den Faktor als von „sehr geringer“ Bedeutung bewertet. Die ‚Marktdurchdringung von Elektrokraftfahrzeugen‘ (2,34 Punkte) gehört zu den eher weniger bedeutsamen Einflussfaktoren im lokalen Umfeld. Insgesamt weist die ‚Marktcharakteristik‘ (2,70 Punkte) eine eher untergeordnete Bedeutung innerhalb des lokalen Umfelds auf. Es ist vor allem der ‚erhöhte Wettbewerb‘ unter den Akteuren hervorzuheben. Durch die komplexe Interaktion verschiedener Branchen können Chancen für neue Unternehmen oder Risiken für etablierte Anbieter entstehen.

Zusammenfassung – lokales Umfeld

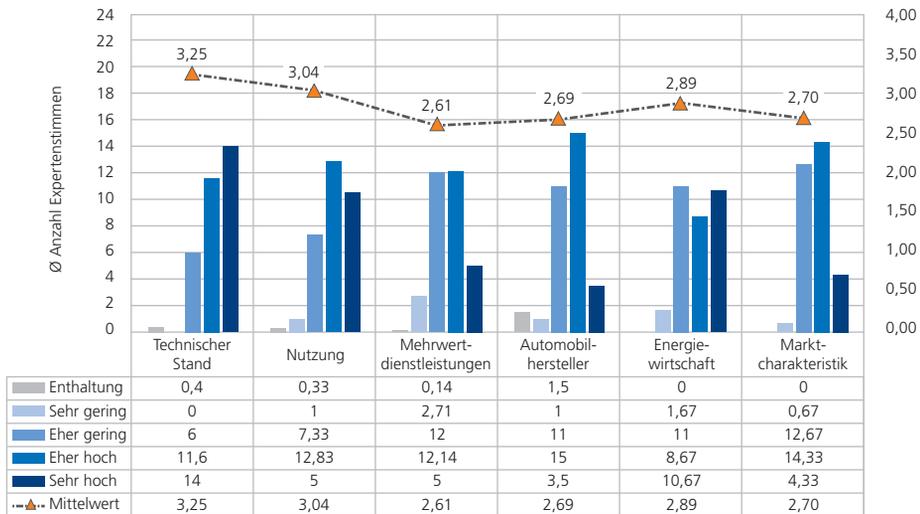


Abbildung 4.3-14: Relevanz der lokalen Einflussbereiche (eigene Darstellung)

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die maximale Abweichung der durchschnittlichen Bewertungen lokaler Einflussbereiche mit 0,64 Punkten deutlich höher ausfällt als für das globale Umfeld. In Abbildung 4.3-14 sind alle Einflussbereiche des lokalen Umfelds dargestellt. Es zeigt sich, dass der Einflussbereich ‚Technischer Stand‘ von den Experten als besonders wichtig erachtet wird. Ebenfalls hohe Einflüsse werden dem Bereich der ‚Nutzung‘ zugesprochen. Die ‚Energiewirtschaft‘ wird als drittbedeutsamster Bereich angesehen. Die Einflussbereiche ‚Automobilhersteller‘ und ‚Marktcharakteristik‘ wurden von den Experten ähnlich eingestuft und weisen eher geringe Einflüsse auf die Elektromobilität auf. Die niedrigsten Bewertungen erhielt der Einflussbereich ‚Mehrwertdienstleistungen‘. Der bedeutsamste Einflussfaktor ist mit 3,66 Punkten die ‚Reichweite‘ eines Elektrofahrzeugs, wohingegen ‚Privates Carsharing‘ mit 2,16 Punkten den am niedrigsten bewerteten Faktor darstellt.

4.3.4 Festlegung von Schlüsselfaktoren

Nachdem im vorangegangenen Kapitel eine Diskussion der Ergebnisse der Expertenbefragung stattgefunden hat, erfolgt nun die Festlegung von Schlüsselfaktoren anhand der Bewertungen der Experten. Schlüsselfaktoren sind solche Einflussfaktoren, die einen sehr hohen Einfluss auf die Entwicklung des Untersuchungsgegenstands ausüben. Folglich sind in diesem Fall Einflussfaktoren, welche durch die Experten als sehr bedeutend bewertet worden sind, potenzielle Schlüsselfaktoren der zukünftigen Entwicklung der Elektromobilität.

Tabelle 4.3-1 zeigt für beide Umfelder der Elektromobilität diejenigen 16 Einflussfaktoren, welchen die Experten die höchste Bedeutung beigemessen haben und die für den weiteren Verlauf der Szenarioanalyse als Schlüsselfaktoren verwendet werden. Die Sortierung erfolgt dabei nach dem Mittelwert der Bewertungen.

Einflussfaktor	Bewertung	Einflussfaktor	Bewertung
1. Batteriepreise	3,72	9. Ladekonzepte	3,39
2. Reichweite	3,66	10. Standardisierung	3,38
3. Nutzerakzeptanz	3,65	11. Ladeinfrastruktur	3,31
4. Kosten	3,57	12. Alltagstauglichkeit	3,28
5. Ladezeit	3,53	(13.) Ölpreis	3,28
(6.) staatliche Förderung	3,53	14. neue Servicekonzepte	3,23
(7.) Batterietechnologien	3,53	15. Sicherheit	3,22
(8) Energie- und Klimapolitik	3,52	16. Strompreis	3,17

globales Umfeld
 lokales Umfeld
 globales und lokales Umfeld

Tabelle 4.3 1: Übersicht der 16 höchstbewerteten Einflussfaktoren (eigene Darstellung)

Batteriepreise (3,72 Punkte) sind nach Meinung der Experten der wichtigste Schlüsselfaktor. Weitere globale Schlüsselfaktoren sind u. a. die Nutzerakzeptanz (3,65 Punkte), die staatliche Förderung (3,53 Punkte), Batterietechnologien (3,53 Punkte), die Energie- und Klimapolitik (3,52 Punkte), Standardisierung (3,38 Punkte), der Ölpreis (3,28 Punkte) und der Strompreis (3,17 Punkte). Auf Seiten des lokalen Umfelds sind besonders die Reichweite (3,66 Punkte), die Ladezeit (3,53 Punkte), die Ladekonzepte (3,39 Punkte), die Alltagstauglichkeit (3,28 Punkte) und Neue Servicekonzepte (3,23 Punkte) als Schlüsselfaktoren hervorzuheben. Schlüsselfaktoren, die sowohl dem lokalen als auch dem globalen Umfeld zuzuordnen sind, sind die Kosten (3,57 Punkte), die Ladeinfrastruktur (3,31 Punkte) und die Sicherheit (3,22 Punkte). Insgesamt sind acht Schlüsselfaktoren dem globalen Umfeld, fünf Faktoren dem lokalen Umfeld und drei Faktoren dem globalen und dem lokalen Umfeld zuzuordnen.

Die folgende Aufzählung beinhaltet die Definitionen jedes Schlüsselfaktors. Diese können vom allgemeinen Verständnis des jeweiligen Begriffs abweichen.

1. **Batteriepreis** beschreibt den durchschnittlichen Preis eines Akkumulators in Abhängigkeit von der Kapazität desselben [€/ kWh].
2. **Reichweite** beschreibt die Strecke, die Elektrofahrzeuge mit einer vollständig aufgeladenen Batterie im realen Fahrbetrieb durchschnittlich zurücklegen können.
3. **Nutzerakzeptanz** beschreibt die Entscheidung zur Annahme einer Innovation durch den Anwender.
4. **Kosten** beschreiben die Lebenszykluskosten von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer (z. B. Anschaffungs- oder Betriebskosten).
5. **Ladezeit** beschreibt die Dauer des vollständigen Aufladens einer Batterie.
6. **Staatliche Förderung** beschreibt die finanzielle Unterstützung der Elektromobilität durch öffentliche Mittel.
7. **Batterietechnologien** beschreiben die chemischen Grundlagen verschiedener Batterietechnologien (z. B. Lithium-Ionen-Akkumulator).
8. **Energie- und Klimapolitik** beschreibt die Maßnahmen des Teilbereichs der Politik, welcher sich mit den Themen Energie und Klima beschäftigt.
9. **Ladekonzepte** beschreiben die Art und Weise des Aufladens der Batterie eines Elektrofahrzeugs (z. B. induktives Laden).
10. **Standardisierung** beschreibt die Vereinheitlichung von Normen zur Schaffung von gemeinsamen Standards im Kontext der Elektromobilität (z. B. einheitliche Ladestecker).
11. **Ladeinfrastruktur** beschreibt die örtliche und zeitliche Verfügbarkeit von öffentlich zugänglichen Ladepunkten in Deutschland.
12. **Alltagstauglichkeit** beschreibt die Integrationsfähigkeit des Elektrofahrzeugs in den Alltag eines Nutzers.
13. **Ölpreis** beschreibt den Preis von Rohöl.
14. **Neue Servicekonzepte** beschreiben Dienstleistungen, welche von Marktakteuren für Nutzer von Elektrofahrzeugen angeboten werden (z. B. mehrmals im Jahr kostenlos bereitgestellte Mietwagen mit Verbrennungsmotor).
15. **Sicherheit** beschreibt den Schutz vor Gefahren und Risiken, die im alltäglichen Umgang mit Elektromobilität auftreten können (z. B. Entflammung der Batterie).
16. **Strompreis** beschreibt die Kosten für die Stromerzeugung, Netznutzung sowie Steuern und Abgaben für elektrische Energie.

Die zwei bedeutendsten Schlüsselfaktoren *Batteriepreis* und *Reichweite* sowie die Faktoren *Ladezeit* und *Batterietechnologien* zeigen, dass der Erfolg der Elektromobilität entscheidend von Fortschritten in der Batterietechnik abhängt. Auch die Lebenszykluskosten (*Kosten*) sowie politische Maßnahmen (*Staatliche Förderung*, *Energie- und Klimapolitik*) sind wesentlich für die Entwicklung der Elektromobilität. Ferner sind der Ausbau der Ladeinfrastruktur (*Ladeinfrastruktur*) sowie der Fortschritt im Bereich der Ladetechnologien (*Ladekonzepte*, *Standardisierung*) Erfolgsfaktoren der Elektromobilität.

Durch die Wahl eines sehr weit gefassten Einflussbereichs, aus dem sich die Einflussfaktoren und schließlich die Schlüsselfaktoren ergeben, unterscheiden sich die Schlüsselfaktoren von jenen aus bisherigen Szenarioanalysen des Marktes (s. Kapitel 5.3).

Neben technischen und politischen Faktoren können auch Dienstleistungen einen wichtigen Beitrag zum Erfolg der Elektromobilität leisten, indem beispielsweise Dienstleistungsplattformen die *Standardisierung* vorantreiben oder die *Nutzerakzeptanz* steigern. Auch wenn der besonders bedeutende Faktor der *Nutzerakzeptanz* den Nutzer in den Vordergrund rückt, zeigen Forschungsergebnisse, dass die Nutzerorientierung auch für innovative Dienstleistungen von elementarer Bedeutung ist (s. ARBEITSKREIS SMART SERVICE WELT2015). Ein umfassendes Verständnis der Nutzerbedürfnisse ist dabei von hoher Bedeutung (vgl. ARBEITSKREIS SMART SERVICE WELT 2015, S. 15). In diesem Zusammenhang spielt auch der Schlüsselfaktor *Alltagstauglichkeit*, welcher ausdrückt, wie komfortabel sich die Elektromobilität für den Nutzer gestaltet, eine wesentliche Rolle. Eine hohe Bewertung von Faktoren, welche die Nutzer der Elektromobilität betreffen, entspricht somit einem Dienstleistungsfokus der Faktoren. Neben der *Standardisierung* und der *Nutzerakzeptanz* weisen insbesondere *Neue Servicekonzepte* einen starken Bezug zu Dienstleistungen auf. Dieser Schlüsselfaktor zeigt, dass innovative Mobilitätslösungen einen Kaufanreiz und tatsächlichen Mehrwert bieten können. Auch suggeriert die besonders hervorgehobene Neuartigkeit der Servicekonzepte, dass bisherige Dienstleistungen Mängel aufweisen und für die Zukunft ein hohes Potenzial für Dienstleistungen im Kontext der Elektromobilität besteht.

Es lässt sich abschließend feststellen, dass die Elektromobilität in hohem Maße durch sowohl globale als auch lokale Faktoren beeinflusst wird. Es müssen demnach ganzheitlich Fortschritte im lokalen und globalen Umfeld erreicht werden, um die Elektromobilität nachhaltig voranzubringen und eine positive Marktentwicklung zu erzielen. Neben technologisch und politisch orientierten Faktoren beschreiben die Ergebnisse der Identifikation von Schlüsselfaktoren insbesondere Dienstleistungen als besonders relevant für den Erfolg der Elektromobilität. Durch eine Szenarioanalyse auf Basis dieser Schlüsselfaktoren werden Dienstleistungen somit ausreichend berücksichtigt.

4.3.5 Vernetzung der Schlüsselfaktoren

Nachdem die Schlüsselfaktoren der Elektromobilität identifiziert worden sind, wird nun anhand einer Vernetzungsmatrix die Systemdynamik der Elektromobilität untersucht. Die Autorengruppe hat in zahlreichen Workshops die Werte der Vernetzungsmatrix festgelegt. Anschließend wurden die Aktiv- und Passivsummen zu allen Schlüsselfaktoren gebildet. Dabei ergibt sich die Aktivsumme aus der Zeilensumme eines Schlüsselfaktors und die Passivsumme aus der Spaltensumme. Beide Summen werden schließlich in Prozentpunkten als Anteil am möglichen Maximalwert von 30 angegeben. Die Vernetzungsmatrix ist in Tabelle 4.3-2 dargestellt.

	Batteriepreise	Reichweite	Nutzerakzeptanz	Kosten	Ladezeit	Staatliche Förderung	Batterietechnologien	Energie- u. Klimapolitik	Ladekonzepte	Standardisierung	Ladeinfrastruktur	Alltagstauglichkeit	Ölpreis	Servicekonzepte	Sicherheit	Strompreis	Aktivsumme	Aktivsumme in %
Batteriepreise	X	0	2	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	8	27
Reichweite	0	X	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	6	20
Nutzerakzeptanz	0	0	X	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3	10
Kosten	0	0	2	X	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	5	17
Ladezeit	0	0	2	0	X	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	13
Staatliche Förderung	1	0	1	2	2	X	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	8	27
Batterietechnologien	2	2	0	2	0	0	X	0	2	0	1	2	0	1	2	1	17	57
Energie- u. Klimapolitik	0	0	2	1	2	2	1	X	0	1	2	0	2	1	1	2	15	50
Ladekonzepte	0	0	2	0	0	0	0	0	X	1	1	2	0	2	2	0	12	40
Standardisierung	0	0	2	1	0	0	0	0	1	X	2	2	0	2	2	0	12	40
Ladeinfrastruktur	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	X	2	0	0	0	0	6	20
Alltagstauglichkeit	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	X	0	2	0	0	5	17
Ölpreis	1	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	X	0	0	2	9	30
Servicekonzepte	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	1	2	0	X	1	0	10	33
Sicherheit	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	2	X	0	8	27
Strompreis	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	X	6	20
Passivsumme	5	2	27	14	4	6	2	4	6	2	15	17	2	14	8	6		28
Passivsumme in %	17	6,7	90	47	13	20	6,7	13	20	6,7	50	57	6,7	47	27	20		

Tabelle 4.3-2: Vernetzungsmatrix der Schlüsselfaktoren (eigene Darstellung)

Mithilfe der Vernetzungsmatrix (s. Tabelle 2.3-1) wird nun ein System-Grid (s. Abbildung 2.3-3) erstellt, welches die Schlüsselfaktoren anhand ihrer Aktiv- und Passivsummen kategorisiert.

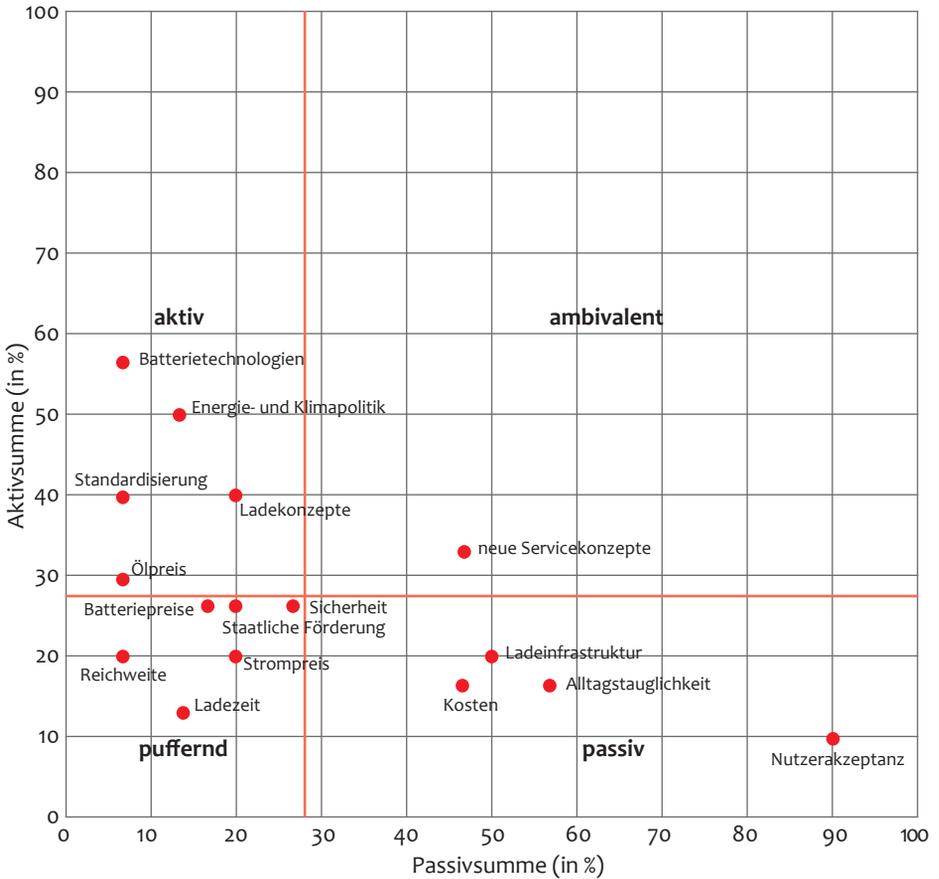


Abbildung 4.3-15: System-Grid (eigene Darstellung)

Wie Abbildung 4.3-15 zeigt, ist der Schlüsselfaktor *Batterietechnologien* der aktivste Faktor. Neben diesem Schlüsselfaktor sind *Energie- und Klimapolitik*, *Standardisierung*, *Ladekonzepte* und *Ölpreis* dem aktiven Bereich zugeordnet. Der Schlüsselfaktor mit der höchsten Passivsumme, welcher also am stärksten von anderen Faktoren beeinflusst wird, ist *Nutzerakzeptanz*. Dieser weist zudem die geringste Aktivsumme auf. Auch *Alltagstauglichkeit*, *Ladeinfrastruktur* und *Kosten* sind passive Schlüsselfaktoren. Puffernde Schlüsselfaktoren, welche also innerhalb des Umfelds der Elektromobilität weder stark beeinflussen noch stark beeinflusst werden, sind *Sicherheit*, *Staatliche Förderung*, *Batteriepreise*, *Strompreis*, *Reichweite* und *Ladezeit*. Der einzig ambivalente Schlüsselfaktor mit sowohl einer hohen passiven als auch einer hohen aktiven Ausprägung ist *Neue Servicekonzepte*.

Für die Umsetzung der Ergebnisse der Vernetzungsanalyse in Handlungsmaßnahmen gelten zwei Grundregeln der Systemdynamik (s. REIBNITZ 1992, S. 39): Erstens sollten Handlungsmaßnahmen des Anwenders besonders auf Schlüsselfaktoren mit hoher Aktivsumme ausgerichtet sein, da diese die größte Verstärkerwirkung auf das System ausüben und eine besonders effiziente Einflussnahme ermöglichen. Zweitens sollten Schlüsselfaktoren mit hoher Passivsumme eher indirekt, das heißt über andere Faktoren, beeinflusst werden (s. REIBNITZ 1992, S. 40 f.). Diese Grundregeln erlauben eine weitere Auswertung des System-Grids.

Wichtige Stellhebel für Veränderungen bezüglich der Entwicklung der Elektromobilität sind die aktiven oder ambivalenten Schlüsselfaktoren *Batterietechnologien*, *Energie- und Klimapolitik*, *Standardisierung*, *Ladekonzepte*, *Neue Servicekonzepte* und *Ölpreis*. Diese sollten besonders stark in Handlungsmaßnahmen des Anwenders integriert werden, unter anderem, um die Entwicklung der passiven Schlüsselfaktoren *Nutzerakzeptanz*, *Alltagstauglichkeit*, *Ladeinfrastruktur* und *Kosten* zu beeinflussen.

Dass ausschließlich der Schlüsselfaktor *Neue Servicekonzepte* als ambivalent bewertet wurde, zeugt von der hohen Relevanz von Dienstleistungen für die Entwicklung der Elektromobilität. Dieser Faktor sollte bei der Entwicklung von Handlungsmaßnahmen besondere Berücksichtigung finden, da eine starke Interpendenz zwischen dem Faktor und seinem Umfeld, einhergehend mit einer hohen Systemdynamik zu erwarten ist. Die Entwicklung dieses Schlüsselfaktors ist somit nur schwierig prognostizier- und kontrollierbar. Deshalb erscheint es als sinnvoll, in einem nächsten Schritt mögliche Zukunftsprojektionen für die Entwicklung der Schlüsselfaktoren festzulegen, um diese auf drei mögliche Entwicklungsverläufe zu reduzieren.

4.4 Phase 4: Entwicklung von Zukunftsprojektionen

Für die in Phase 3 ermittelten Schlüsselfaktoren werden nun nach REIBNITZ verschiedene Zukunftsprojektionen festgelegt, welche drei mögliche Entwicklungen dieser Faktoren aufzeigen (s. Kapitel 2.3.3) (vgl. REIBNITZ 1992, S. 45 f.). Diese können je nach Charakter des Schlüsselfaktors quantitativ oder qualitativ definiert werden. In dieser Arbeit wird zunächst der Ist-Zustand des jeweiligen Faktors festgelegt. Anschließend wird für diesen eine pessimistische, eine dem Trend entsprechende und eine optimistische Zukunftsprojektion entwickelt. Die Reihenfolge der Faktoren entspricht dabei der Rangfolge, welche sich aus der Expertenbefragung (Phase 3) ergibt. Die Projektionen basieren auf Annahmen aus verschiedenen Werken der Fachliteratur und bilden die Grundlage für eine spätere Entwicklung von Zukunftsszenarien. Dies erfolgt im Rahmen der Alternativenbündelung (s. Kapitel 4.5).

4.4.1 Schlüsselfaktor Batteriepreise

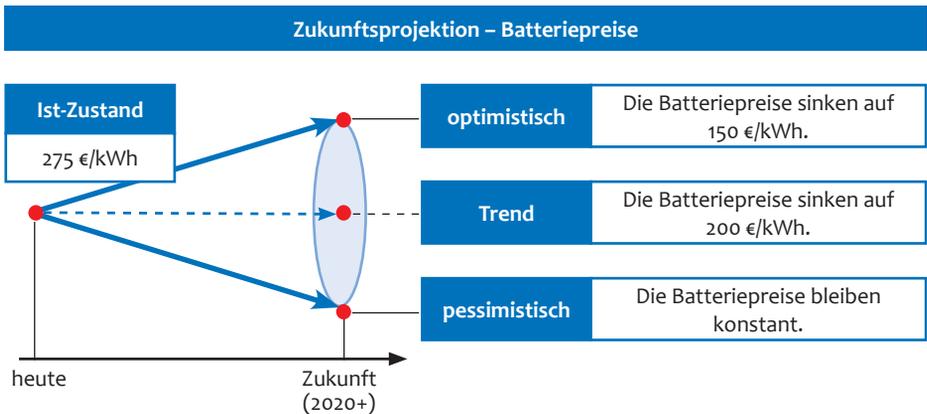


Abbildung 4.4-1: Zukunftsprojektion ‚Batteriepreise‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-1 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Batteriekosten liegen derzeit im Bereich von 275 Euro/kWh“

Während im Jahr 2008 die Batteriepreise häufig 1000 Euro/kWh überstiegen, liegen die Kosten von Lithium-Ionen-Akkumulatoren nach Angaben des Beratungsunternehmens HORVATH & PARTNERS

derzeit bei etwa 275 Euro/kWh (s. SHAH 2016). Insbesondere asiatische Zellhersteller bieten günstige Akkumulatoren an. Experten des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) gehen davon aus, dass Zellen teilweise deutlich unterhalb der Produktionskosten auf den Markt gebracht werden, um sich zukünftige Wettbewerbsvorteile zu sichern (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 8). Der starke Kostenrückgang der letzten Jahre ist jedoch ebenfalls auf einen reduzierten Elektrolyteinsatz sowie wässrige Elektrodendispensionen zurückzuführen (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 8). Der Markt der Batteriehersteller ist derzeit äußerst umkämpft (s. SHAH 2016). Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass Studien zufolge ca. 40 Prozent der Wertschöpfung eines Elektrofahrzeugs auf Batterien entfallen (s. SHAH 2016).

Pessimistische Projektion:

„Die Kosten für Batterien bleiben konstant und belaufen sich auf 275 Euro/kWh“

Das Fraunhofer ISI hat im Jahr 2013 verschiedene Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge untersucht, die der Frage nachgehen, welchen Marktanteil die Elektrofahrzeuge in Deutschland bis zum Jahr 2020 einnehmen werden. Die Datenerhebung basiert auf mehreren tausend realen Fahrprofilen konventioneller Fahrzeuge sowie ökonomischen und technischen Daten. Die Ergebnisse zeigen, dass die hohe Unsicherheit beim Markthochlauf auf die externen Rahmenbedingungen, wie z. B. die Batterie-, Rohöl- und Strompreisentwicklung, zurückzuführen ist. Als weitere Voraussetzungen werden hohe elektrische Fahranteile sowie hohe Jahresfahrleistungen gefordert, um die teuren Batteriepreise über einen längeren Zeitraum zu amortisieren und die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen zu steigern. Bei der Abbildung der pessimistischen Annahmen hat sich herausgestellt, dass eine schwach degressive Entwicklung der Batteriepreise zu erwarten ist und sich der Preis für eine Kilowattstunde im Jahr 2020 auf 370 Euro belaufen wird. (s. WIETSCHTEL ET AL. 2013) Aufgrund des nach 2013 eingetretenen rasanten Preisverfalls (s. Ist-Zustand) muss diese Zahl jedoch deutlich nach unten korrigiert werden. Daher wird in der pessimistischen Projektion von stagnierenden Batteriekosten bis zum Jahr 2020 ausgegangen.

Trendprojektion: „Das Preisniveau der Batterien sinkt bis 2020 auf 200 Euro/kWh“

Die Bundesregierung ist der Auffassung, dass unter den Speichermedien die Lithium-Ionen-Akkumulatoren heutzutage einen vielversprechenden Ansatz für innovative Energiespeicher darstellen (s. DEUTSCHER BUNDESTAG 2010) und auch neue Studien des Fraunhofer ISI bestätigen diese These (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 3ff.). Der Einsatz dieser Technologie erfolgt bereits in diversen Bereichen der Unterhaltungselektronik oder auch in Mobilfunkgeräten und kann nicht ohne Berücksichtigung der Sicherheit und Leistung auf die Anforderungen eines Elektrofahrzeugs skaliert werden. Des Weiteren muss die Ressourcenverfügbarkeit von Lithium analysiert und berücksichtigt werden, um beim hohen Materialverbrauch rechtzeitig einen Substitutionswerkstoff finden zu können. Gemäß aktuellen Untersuchungen des Fraunhofer ISI sind weitere Preissenkungen zu erwarten und im Jahr 2030 Preise von unter 100 Euro/kWh

realistisch (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 3). Unter Berücksichtigung der vorangegangenen Annahmen sowie der aktuellen Marktpreise werden im Trendszenario für das Jahr 2020 Batteriepreise von 200 Euro/kWh erwartet.

Optimistische Projektion: „Batteriekosten sinken bis zum Jahr 2020 auf 150 Euro/kWh“

Der intensive Wettbewerb auf dem Batteriemarkt führte bereits dazu, dass asiatische Hersteller Batterien für Preise unter Produktionskosten anbieten (s. Ist-Zustand). Zudem fielen die Preise in den letzten Jahren deutlich stärker als Experten vermutet hatten (vgl. THIELMANN ET AL. 2016, S. 12). In dieser Projektion wird von weiterhin fallenden Kosten für Basischemikalien und der Realisierung von Skaleneffekten ausgegangen, weshalb die Batteriekosten im Jahr 2020 150 Euro/kWh betragen werden.

4.4.2 Schlüsselfaktor ‚Reichweite‘

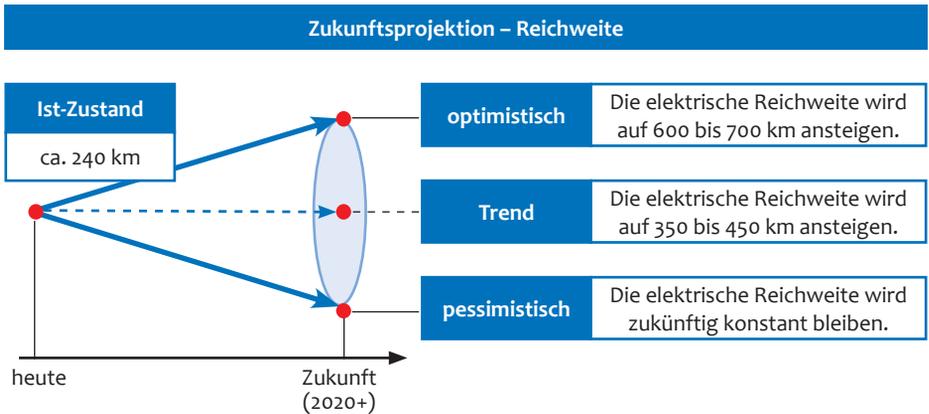


Abbildung 4.4-2: Zukunftsprojektion ‚Reichweite‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-2 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Die ungefähre Reichweite beträgt 240 km“

Die aktuelle Reichweite von Elektrofahrzeugen variiert zwischen 100 km (Renault Twizy) und 502 km (Tesla Model S) (s. SEIBT 2015). Dazwischen liegen Elektrofahrzeuge, wie z. B. der BMW

i3 (190 km), der Volkswagen e-Golf (190 km), die Mercedes B-Klasse Electric Drive (200 km) und der Renault Zoe (210 km) (s. SEIBT 2015). In diversen Studien kommt man zu dem Ergebnis, dass die durchschnittliche Reichweite von Elektrofahrzeugen in den letzten Jahren von 150 km (2011) auf 240 km (2015) gesteigert werden konnte (vgl. STATISTA 2015; vgl. HORVARTH & PARTNERS 2016). Wenngleich eine hohe Varietät der Reichweite von Elektrofahrzeugen besteht, wird nachfolgend eine ungefähre Reichweite von 240 km als Ist-Zustand des Schlüsselfaktors Reichweite angenommen. Diese sei, wie auch alle folgenden Angaben zur Reichweite, als durchschnittlicher Wert zu verstehen.

Pessimistische Zukunftsprojektion:

„Die elektrische Reichweite wird zukünftig konstant bei 240 km bleiben“

Bei der pessimistischen Erwartung für die zukünftige Reichweite von Elektrofahrzeugen wird von einer stagnierenden Entwicklung und damit gleichbleibenden Reichweiten im Vergleich zum Ist-Zustand ausgegangen.

Trendzukunftsprojektion: „Die elektrische Reichweite wird auf 350 bis 450 km ansteigen“

Die Erwartung, dass die Reichweite in Zukunft weiter steigen wird, äußern mehrere Autoren. HORVARTH & PARTNERS gehen davon aus, dass die Reichweite bis 2020 ein Niveau von 400 km erreicht (s. HORVARTH & PARTNERS 2016). Diese Einschätzung wird in anderen wissenschaftlichen Quellen geteilt (s. STATISTA 2015). Der Zulieferer Bosch hält es für möglich, dass die Reichweite von Elektrofahrzeugen auf über 300 km ansteigt (s. FLÖRECKE 2015). Volkswagen strebt mit einem neuen modularen Baukastensystem, das speziell für Elektrofahrzeuge konzipiert ist, Reichweiten zwischen 300 und 500 km an (s. HORRELL 2015). Zusammenfassend wird das Trendszenario auf Grundlage einer Reichweite von 350 bis 450 km definiert. Durch diese Definition wird berücksichtigt, dass sowohl leichte Ausschläge oberhalb als auch unterhalb von 400 km möglich sind.

Optimistische Zukunftsprojektion:

„Die elektrische Reichweite wird auf 600 bis 700 km ansteigen“

Wenn sich die Elektromobilität in Zukunft nach der Meinung von ELON MUSK entwickelt, erreichen Elektrofahrzeuge bis 2020 Reichweiten von über 600 km (s. FINGAS 2015). Auch MARTIN EBERHARD, ein weiterer Experte im Bereich der Elektromobilität, hält eine Reichweitensteigerung auf bis zu 800 km für möglich (s. SAUNDERS 2010). In einer Studie wird davon ausgegangen, dass Reichweiten von 600 km technisch möglich sind (s. ZAH U. HAAN 2013, S. 69). Durch die stärkere Gewichtung aktueller Fachliteratur wird die optimistische Zukunftsprojektion zusammenfassend auf 600 bis 700 km festgelegt.

4.4.3 Schlüsselfaktor ‚Nutzerakzeptanz‘

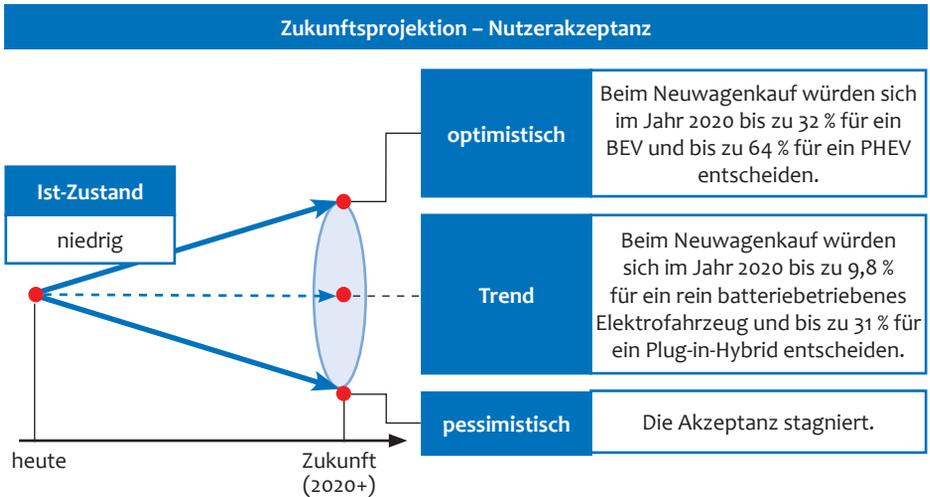


Abbildung 4.4-3: Zukunftsprojektion ‚Nutzerakzeptanz‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-3 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Die Akzeptanz ist gegenwärtig niedrig“

Die Akzeptanz kann als eine grundsätzlich positive Einstellung und die damit verbundene generelle Bereitschaft zum Kauf bzw. zur Nutzung von Elektrofahrzeugen in der entsprechenden Infrastruktur aufgefasst werden (s. PATERNOGA ET AL. 2013). Eine Studie der Aral AG, welche 2015 in Deutschland durchgeführt wurde, zeigt, dass das Potenzial von Elektrofahrzeugen von vielen Bürgern grundsätzlich erkannt wird (s. ARAL 2015). Obwohl sich 55 Prozent der Befragten den Kauf eines Elektrofahrzeugs vorstellen können, planen nur 2 Prozent tatsächlich einen Kauf und gehen davon aus, dass ihr nächstes Fahrzeug rein elektrisch betrieben sein wird. Folglich ist die tatsächliche Bereitschaft zum Kauf gering. Die Akzeptanz ist damit gegenwärtig niedrig.

Pessimistische Projektion: „Die Akzeptanz stagniert“

In den kommenden Jahren ist keine Steigerung der Akzeptanz zu erwarten, weil die Nutzer nicht bereit sind, aus Umweltgründen einen höheren Kaufpreis für Elektrofahrzeuge zu bezahlen. Des Weiteren ist die Lücke zwischen der Erwartungshaltung der Verbraucher und

den technologischen Möglichkeiten zu groß. Die erforderliche Fahrzeugreichweite oder die Verkürzung der Ladedauer zur Erreichung der Kundenzufriedenheit kann mit dem derzeitigen Stand der Technik nicht wirtschaftlich umgesetzt werden. (s. ENDERLEIN ET AL. 2012)

Trendprojektion: „Beim Neuwagenkauf würden sich im Jahr 2020 bis zu 9,8 Prozent für ein rein batteriebetriebenes Elektrofahrzeug und bis zu 31 Prozent für einen Plug-in-Hybrid entscheiden“

Die alleinige Akzeptanz einer Technologie reicht nicht aus, um die Marktpenetration der Elektromobilität zu beschleunigen. Vielmehr muss die Kaufbereitschaft vorhanden sein, um sich beim Neuwagenkauf für ein Elektrofahrzeug zu entscheiden. SCHÜHLE hat hierzu ein Akzeptanz- und Prognosemodell entwickelt, um das Akzeptanzpotenzial und die Erfolgsfaktoren für Elektro- und Hybridantriebe in Deutschland abzuleiten. Er untersuchte zudem die Akzeptanz in Abhängigkeit von verschiedenen Fahrzeugklassen, um potenzielle Fahrzeugsegmente, die den Kundenbedürfnissen am nächsten kommen, zu fördern. Als mögliche Treiber für den kommenden Zuwachs der Akzeptanz nennt er die Erhöhung des Marktdrucks aufgrund von steigenden Kraftstoffpreisen. Außerdem prognostiziert er durch sinkende Bauteilkosten sowie durch staatliche Unterstützungen eine positive Veränderung der Fahrzeugparameter und eine Ausweitung des aktuell sehr begrenzten Fahrzeugangebots in den kommenden Jahren. Die höchste Akzeptanz kann seiner Meinung nach im Kleinwagensegment erzielt werden. Dort bestehe ein großer Förderungsbedarf. (s. SCHÜHLE 2014)

Optimistische Projektion: „Beim Neuwagenkauf würden sich im Jahr 2020 bis zu 32 Prozent für ein BEV und bis zu 64 Prozent für ein PHEV entscheiden“

Diese Einschätzung basiert auf dem Arbeitspaket 1 des Projekts OPTUM, welches sich mit der Optimierung der Umweltentlastungspotenziale von Elektrofahrzeugen beschäftigt. Ziel dieser Studie ist die umfassende Betrachtung des Marktpotenzials sowie die Interaktion mit dem Stromsektor. Der ökologische Aspekt wird mit der Untersuchung des CO₂-Minderungspotenzials und der Ressourceneffizienz ergänzt. Im Hinblick auf die Akzeptanz wird der Frage nachgegangen, inwiefern bereits eine Akzeptanz für Elektromobilität vorliegt und inwieweit sich diese Akzeptanz verändern würde, wenn bestimmte Entwicklungen stattfänden. Als Besonderheit kann angemerkt werden, dass bei der Akzeptanzanalyse zwischen Nutzern mit und ohne eigenen Stellplatz unterschieden wurde. Die Relevanz lässt sich insofern begründen, als dass Personen mit eigenem Stellplatz ihr Elektroauto zu Hause aufladen können und nicht der Problematik unterliegen, zunächst einen öffentlichen Stellplatz suchen zu müssen, der gleichzeitig auch eine Ladestation bereitstellt. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass das Umweltbewusstsein zukünftig stärker wahrgenommen wird, was die Kaufentscheidung für ein Elektrofahrzeug begünstigt. Des Weiteren werden die Verbrauchskostenunterschiede zwischen nachhaltigen und konventionellen Antrieben zukünftig so groß werden, dass Käufer ein Elektroauto präferieren. Außerdem empfinden viele Nutzer aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens die Parkprivilegien als vorteilhaft. (s. GÖTZ ET AL. 2011)

4.4.4 Schlüsselfaktor ‚Kosten‘

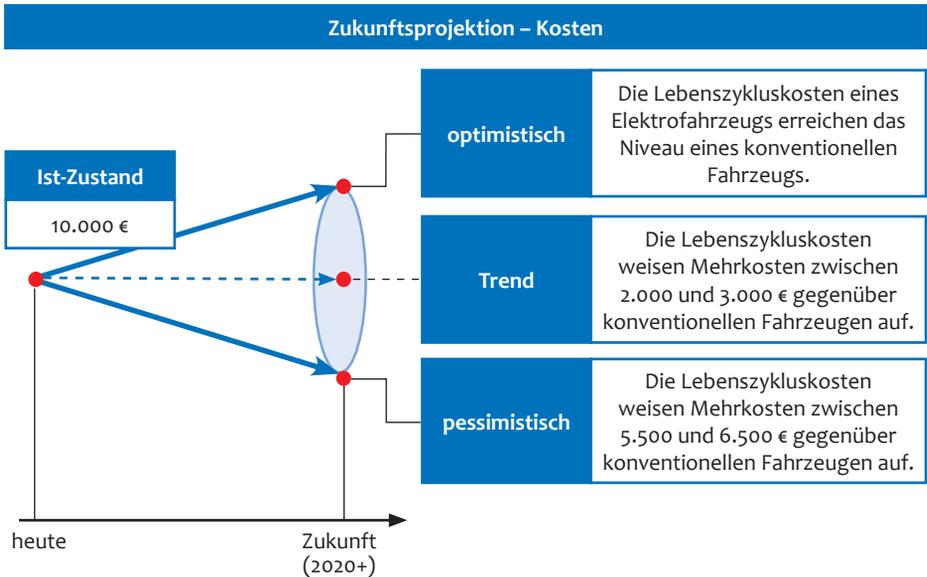


Abbildung 4.4-4: Zukunftsprojektion ‚Kosten‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-4 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Die Lebenszykluskosten eines Elektrofahrzeugs erzeugen aktuell Mehrkosten von ungefähr 10.000 € gegenüber konventionellen Fahrzeugen“

Für die zusätzlichen Anschaffungskosten eines Elektrofahrzeugs wird in der Fachliteratur ein Betrag von ca. 9.500 Euro angenommen (s. SCHÜHLE 2014, S. 140). Die Betriebskosten von Elektrofahrzeugen liegen jedoch mit 350 Euro pro Jahr vergleichsweise niedriger als bei Benzin- und Dieselfahrzeugen (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 144). Insgesamt ergeben sich in Abhängigkeit von der Laufzeit und dem Fahrzeugmodell meist höhere Gesamtkosten für Elektrofahrzeuge. Ein Kostenvergleich des ADAC, welcher eine Fahrleistung von 15.000 km und eine Haltedauer von vier Jahren zugrunde legt, zeigt, dass sich die Mehrkosten von Elektrofahrzeugen unter diesen Bedingungen auf ca. vier bis zehn Cent pro Kilometer belaufen (s. ADAC 2015). In einer zweiten Untersuchung zu den Lebenszykluskosten von

Elektrofahrzeugen wird von einer Spanne von insgesamt 5.000 bis 20.000 Euro Mehrkosten ausgegangen (s. MCKINSEY & COMPANY 2014, S. 25). Bei einer Laufzeit von 10 Jahren ergeben sich laut Schühle Mehrkosten von ungefähr 6.000 Euro (s. Schühle 2014, S. 140). Die Lebenszykluskosten variieren aufgrund der Vielzahl von Einflüssen (z. B. Batteriepreise, Batteriegröße, Strompreis, Ölpreis) stark und hängen maßgeblich von den Annahmen der verschiedenen Variablen ab (s. MCKINSEY & COMPANY 2014, S. 25). Die erheblichen Mehrkosten, die ein Nutzer der Elektromobilität aufbringen muss, resultieren zum größten Teil aus den hohen Batteriekosten, die beim konventionellen Fahrzeug entfallen (s. MCKINSEY & COMPANY 2014, S. 13).

Es zeigt sich, dass sich für die Lebenszykluskosten innerhalb der Fachliteratur variierende Werte ergeben. Für die Definition des Ist-Zustands wird ein gemittelter Wert von ca. 10.000 Euro Mehrkosten, die bei der Nutzung eines Elektrofahrzeugs im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen über die Lebensphase entstehen, angenommen.

Pessimistische Projektion: „Die Lebenszykluskosten eines Elektrofahrzeugs weisen Mehrkosten zwischen 5.500 und 6.500 Euro gegenüber einem konventionellen Fahrzeug auf“

In einem pessimistischen Zukunftsszenario erwarten HACKER ET AL., dass Elektrofahrzeuge selbst bei einer Jahresfahrleistung von über 50.000 km wirtschaftliche Nachteile gegenüber konventionellen Fahrzeugen aufweisen. Für das Negativ-Szenario werden Annahmen hinsichtlich des Benzinpreises (1,26 Euro pro Liter), des Strompreises (0,29 Euro pro kWh) und der Batteriekosten (308 Euro pro kWh) getroffen (s. HACKER ET AL. 2015, S. 17ff.). Zusätzlich findet eine Berücksichtigung von Steuern, Versicherungs- und Wartungskosten statt (s. HACKER ET AL. 2015, S. 33). Bei üblichen Jahresfahrleistungen von ca. 8.000 km werden ungefähre Mehrkosten in Höhe von 6.500 Euro entstehen (s. HACKER ET AL. 2015, S. 50).

In der Studie „Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge“ erstellen die Autoren PLÖTZ ET AL. ein Modell zur Berechnung der Lebenszykluskosten von Elektrofahrzeugen, um mögliche Folgen für die Entwicklung der Elektromobilität abzuschätzen. Die Autoren treffen Annahmen für den Benzinpreis (1,54 Euro pro Liter), den Strompreis (0,33 Euro pro kWh) und den Batteriepreis (370 Euro pro kWh) (s. PLÖTZ ET AL. 2013, S. 22). Unter diesen Bedingungen werden für 2020 ungefähre Mehrkosten von 5.500 Euro von Elektrofahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen prognostiziert (s. PLÖTZ ET AL. 2013, S. 157).

In beiden Quellen werden nur geringe Kosteneinsparungen hinsichtlich der Batterieproduktion angenommen. Darüber hinaus entwickeln sich die Kraft- und Strompreise für die Elektromobilität unvorteilhaft. Insgesamt ergibt sich für die pessimistische Projektion eine Spanne zwischen 5.500 und 6.500 Euro an Mehrkosten.

Trendprojektion: „Die Lebenszykluskosten eines Elektrofahrzeugs weisen Mehrkosten zwischen 2.000 und 3.000 Euro gegenüber konventionellen Fahrzeugen auf“

Die Unternehmensberatung ROLAND BERGER untersucht in der Studie „Powertrain 2020“ mögliche Kostenentwicklungen von konventionellen Fahrzeugen und Elektrofahrzeugen. Im Hinblick auf die Einhaltung der strengen CO₂-Vorgaben wird ein Anstieg der Herstellungskosten für den konventionellen Antriebsstrang erwartet. Für Elektrofahrzeuge ergeben sich durch Effizienzsteigerungen in der Produktion Kosteneinsparungen von bis zu 9.000 Euro bis 2020. In Bezug auf die Lebenszykluskosten betrachten die Autoren die Batteriekosten, Kraftstoffpreise und mögliche Steuervergünstigungen als wesentliche Determinanten. Unter Berücksichtigung der Anschaffungskosten (Differenz von 7.500 Euro), der Kraftstoffpreise (1,4 Euro pro Liter), des Strompreises (0,2 Euro pro kWh) und einer monatlichen Fahrleistung von 1.000 km kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass für Elektrofahrzeuge insgesamt Mehrkosten von ungefähr 2.000 Euro entstehen. (s. VALENTINE-URBSCHAT U. BERNHART 2009, S. 52ff.)

KOLLOSCH ET AL. nehmen im „Szenario 03: Katalysator Wirtschaftsverkehr“ eine deutliche Verringerung der Lebenszykluskosten zwischen konventionellen und elektrifizierten Fahrzeugen an. Diese Annahme wird u. a. dadurch begründet, dass es zu einem erheblichen Anstieg der Kraftstoffpreise bei gleichzeitig niedrigen Strompreisen kommt. Davon profitieren vor allem Vielfahrer, die durch die geringeren Betriebskosten einen großen Teil der Anschaffungskosten amortisieren können. Darüber hinaus weisen Elektrofahrzeuge zunehmend Vorteile bei den Wartungskosten auf. Zusätzlich unterstützt der Staat die Elektromobilität durch monetäre und nichtmonetäre Anreize. Eine genaue Angabe zu den Kosten wird nicht genannt. (s. AHREND 2011, S. 26ff.)

In der Fachliteratur wird von einer Annäherung der Lebenszykluskosten zwischen konventionellen Fahrzeugen und Elektrofahrzeugen bis 2020 ausgegangen, wobei Elektrofahrzeuge noch immer höhere Gesamtkosten aufweisen. Aufgrund der Vielzahl von Faktoren, welche die Kosten beeinflussen, wird eine Trendprojektion mit Mehrkosten zwischen 2.000 und 3.000 Euro angenommen. Eine vergleichbare Einschätzung erfolgt auch in der Studie „Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Flotten“ (s. HACKER ET AL. 2015, S. 50).

Optimistische Projektion: „Die Lebenszykluskosten eines Elektrofahrzeugs erreichen das Niveau eines konventionellen Fahrzeugs“

Die Unternehmensberatung OLIVER WYMAN geht von Kosteneinsparungen durch Elektrofahrzeuge in Höhe von ungefähr 3.500 Euro bis 2025 aus. Damit dieses Szenario eintritt, bedarf es Kostensenkungen im Herstellungsprozess von Elektrofahrzeugen. Die Autoren erwarten, dass sich die Herstellungskosten von Elektrofahrzeugen und Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor zunehmend angleichen, wobei noch immer von um 60 Prozent höheren Herstellkosten der

Elektrofahrzeuge auszugehen ist. Der wesentliche Vorteil von Elektrofahrzeugen entsteht durch die geringen Betriebskosten, die die hohen Anschaffungskosten über den Lebenszyklus hinweg amortisieren und zu Kostenersparnissen führen. (s. OLIVER WYMAN 2009)

In einem positiven Zukunftsszenario erwarten die Autoren HACKER ET AL. gleiche Gesamtkosten von Elektrofahrzeugen und konventionellen Fahrzeugen bei einer Jahresfahrleistung von 8.200 km. Für das Positiv-Szenario werden Annahmen hinsichtlich des Benzinpreises (1,54 Euro pro Liter), des Strompreises (0,24 Euro pro kWh) und der Batteriekosten (252 Euro pro kWh) getroffen (s. HACKER ET AL. 2015, S. 17ff.). Zusätzlich findet eine Berücksichtigung von Steuern, Versicherungs- und Wartungskosten statt (s. HACKER ET AL. 2015, S. 33).

Auch die Unternehmensberatung BAIN prognostiziert die Gleichheit der Kosten von Elektrofahrzeugen und konventionellen Fahrzeugen im Jahr 2020. Die Autoren nehmen eine Kostendegression der Batterieherstellung zwischen 2015 (210 bis 290 Euro pro kWh) und 2020 (140 bis 210 Euro pro kWh) an. Die Kosteneinsparungen resultieren u. a. aus verbesserten Automatisierungsprozessen, günstigeren Rohstoffen für die Batterieproduktion und optimierten Test- und Prüfverfahren. (s. MATTHIES 2010, S. 5ff.)

4.4.5 Schlüsselfaktor ‚Ladezeit‘

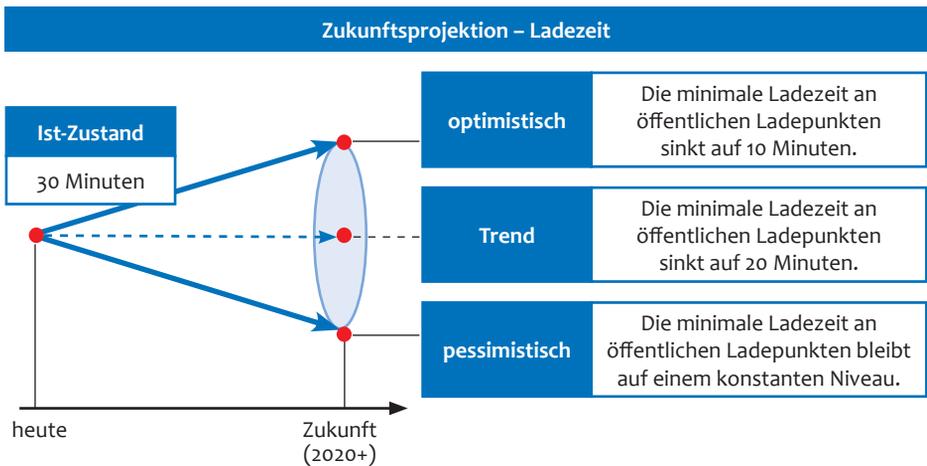


Abbildung 4.4-5: Zukunftsprojektion ‚Ladezeit‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-5 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu werden zuerst Annahmen zur Bestimmung der Ladezeit getroffen. Darauf aufbauend erfolgt eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Zur Bestimmung der Ladezeit sind Kenntnisse der Batteriekapazität, der zugeführten Ladeleistung sowie des Ladewirkungsgrads erforderlich. Unter Berücksichtigung eines durchschnittlichen Energieverbrauchs eines Elektrofahrzeugs von 15 kWh pro 100 km (s. ARBEITSGRUPPE 4.0 2013, S. 13) ergibt sich für 2015 eine Batteriekapazität von 30 kWh (Annahme: 200 km Reichweite (Ist-Zustand)) und für 2020 eine Batteriekapazität von 60 kWh (Annahme: 400 km Reichweite (Trendprojektion)). Der Ladewirkungsgrad beträgt aktuell ungefähr 90 Prozent und wird für 2020 mit 93 Prozent prognostiziert (s. ZAH U. HAAN 2013, S. 54).

Die Zukunftsprojektionen werden im Wesentlichen auf Grundlage von Einschätzungen zur Entwicklung der verfügbaren Ladeleistung getroffen. In diesem Zusammenhang wird jeweils die minimale Ladezeit bis zum Erreichen eines Ladeniveaus von 80 Prozent unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen bestimmt. Eine Übersicht über die berechneten Ladezeiten ist in Anhang D zu finden.

Ist-Zustand: „Die minimale Ladezeit an öffentlichen Ladepunkten beträgt 30 Minuten“

Aktuell ist bei öffentlichen Ladepunkten eine maximale Ladeleistung von 50 kW verfügbar (s. ARBEITSGRUPPE 4.0). Unter Berücksichtigung der angenommenen Batteriekapazität ergibt sich für den Ist-Zustand eine ungefähre Ladezeit von 30 Minuten. Die Unternehmensberatung MCKINSEY kommt zu einer vergleichbaren Annahme hinsichtlich der aktuellen Ladezeit von Elektrofahrzeugen (s. MCKINSEY & COMPANY 2014, S. 29).

An herkömmlichen Steckdosen beträgt die Ladeleistung 3,7 kW bzw. 7 kW (mit spezieller Vorrichtung), wodurch Ladezeiten von 4 bis 8 Stunden erreicht werden (s. MCKINSEY & COMPANY 2014, S. 32). Es sind zusätzlich Ladeleistungen mit 11, 22 und 43 kW verfügbar (s. KLEY 2011, S. 17). Darüber hinaus bietet Tesla mit den Superchargern bereits Ladeleistungen mit theoretisch bis zu 145 kW an (s. LAMBERT 2016). Durch die bisher geringe Verfügbarkeit und die Exklusivität für Tesla-Kunden werden die Supercharger im Rahmen des Ist-Zustands nicht berücksichtigt.

Pessimistische Projektion:

„Die minimale Ladezeit an öffentlichen Ladepunkten bleibt auf einem konstanten Niveau“

Bis 2020 sollen Ladeleistungen bis zu 100 kW verfügbar sein, so beschreibt die Bundesregierung ihre Zielsetzung für die zukünftige Entwicklung der Ladeinfrastruktur (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2012, S. 27). Die Unternehmensberatung ROLAND BERGER geht in der Studie

„Powertrain 2020“ ebenfalls davon aus, dass die maximalen Ladeleistungen auf 100 kW limitiert sind (s. VALENTINE-URBSCHAT U. BERNHART 2009, S. 59). Trotz höherer Ladeleistungen soll es zu keinen Beeinträchtigungen bei der Nutzung hinsichtlich der Sicherheit kommen (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2012, S. 27).

Unter Berücksichtigung der zuvor getroffenen Annahmen ergibt sich für die pessimistische Projektion eine Ladezeit, die mit 30 Minuten auf dem Niveau des Ist-Zustands liegt. Das ist damit zu begründen, dass eine Erhöhung der Batteriekapazität bis 2020 erwartet wird.

Trendprojektion: „Die minimale Ladezeit an öffentlichen Ladepunkten sinkt auf 20 Minuten“

Das Projekt SLAM („Schnellladenetz für Achsen und Metropolen“), das u. a. von Volkswagen, BMW, Daimler und EnBW unterstützt wird, strebt den Ausbau von Ladepunkten mit einer jeweiligen Ladeleistung von 150 kW an. Durch die Auswahl von wichtigen Knotenpunkten für Ladepunkte ermöglicht das Projekt durch die hohen Ladeleistungen verkürzte Ladezeiten, die den Komfort auf langen Strecken erhöhen. Darüber hinaus strebt das Projekt nicht nur neue Ladepunkte an, sondern ermöglicht auch bestehenden Ladestandorten eine nachträgliche Aufrüstung auf die erhöhte Ladeleistung von 150 kW.

Unter Berücksichtigung der zuvor getroffenen Annahmen ergibt sich für die Trendprojektion eine Ladezeit von 20 Minuten. Eine Verkürzung der Ladezeit wird auch in anderer Fachliteratur prognostiziert (s. Hacker 2014, S. 68).

Optimistische Projektion:

„Die minimale Ladezeit an öffentlichen Ladepunkten sinkt auf 10 Minuten“

JEFFREY STRAUBEL, der Technik-Chef von Tesla, hält es für möglich, dass Elektrofahrzeuge in naher Zukunft in nur 10 Minuten geladen werden. Er begründet die Aussage damit, dass auch die ab 2013 genutzte Ladeleistung von 120 kW für Teslas Supercharger zehn Jahre zuvor undenkbar gewesen sei, und somit auch in Zukunft große Fortschritte im Hinblick auf die Ladeleistung zu erwarten sind. (s. BULLIS 2013)

4.4.6 Schlüsselfaktor ‚Staatliche Förderung‘

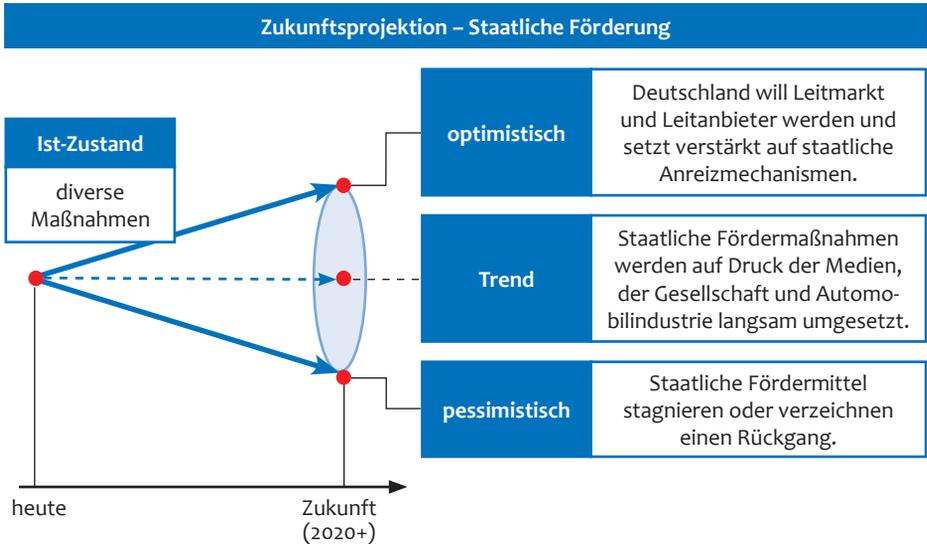


Abbildung 4.4-6: Zukunftsprojektion ‚Staatliche Förderung‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-6 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Es bestehen unterschiedliche staatliche Fördermaßnahmen“

Im Oktober 2012 beschloss die Bundesregierung die Befreiung der Kraftfahrzeugsteuer für alle Fahrzeugklassen mit einem elektrifizierten Antriebsstrang. Bei Neuzulassungen bis Ende 2015 beträgt die Steuererleichterung zehn Jahre und wäre für den Zeitraum zwischen 2016 bis 2020 nur noch auf fünf Jahre begrenzt. 2016 wurde die zehnjährige Steuererleichterung jedoch weiter verlängert (s. PRESSE- U. INFORMATIONSAMT D. BUNDESREGIERUNG 2016b). Außerdem wurde in diesem Rahmen der Umweltbonus, eine einmalige Kaufprämie beim Kauf von Elektrofahrzeugen, beschlossen (s. PRESSE- U. INFORMATIONSAMT D. BUNDESREGIERUNG 2016b). Käufer eines Elektrofahrzeugs erhalten fortan 4.000 Euro bei rein elektrischen Fahrzeugen und 3.000 Euro bei Plug-in-Hybriden. Eine weitere Förderung soll durch den Ausbau des Ladenetzes erfolgen. Aktuell sind die Bemühungen der Bundesregierung zur Förderung von Elektrofahrzeugen folglich hoch.

Pessimistische Projektion:

„Staatliche Fördermaßnahmen stagnieren oder verzeichnen einen Rückgang“

In der pessimistischen Projektion wird die Argumentation angeführt, dass die Förderungen nicht konsequent umgesetzt und sogar teilweise reduziert werden. Die Bemühungen seitens der Regierung sind nicht ausreichend, um die ambitionierten Klimaziele mithilfe der Elektromobilität zu erreichen. Der 2016 erlassene Umweltbonus wurde wieder abgeschafft bzw. die Fördermittel nicht erweitert. Auch die steuerlichen Anreize wurden gekürzt. Des Weiteren überlässt die Bundesregierung den Ausbau des Ladenetzes den anderen Akteuren des Elektromobilitätsmarktes. (vgl. PRESSE- U. INFORMATIONSAMT D. BUNDESREGIERUNG 2016b)

Trendprojektion: „Staatliche Fördermaßnahmen werden

auf Druck der Medien, der Gesellschaft und Automobilindustrie langsam umgesetzt“

Der Staat hat mehrere mögliche Ansatzpunkte, um Fördergelder in die Elektromobilität in Deutschland zu investieren. Einerseits kann er die Produzenten in der Entwicklungs- und Testphase von Produkten unterstützen oder Gelder für eine flächendeckende Ladeinfrastruktur einsetzen. Andererseits kann er aber auch aus der Endkundenperspektive die Elektromobilität vorantreiben, indem er die anfallenden Kapital- und Betriebskosten subventioniert (s. Ist-Zustand). In der Trendprojektion werden verschiedene, neue Maßnahmen umgesetzt und bisherige erweitert. Die täglichen, hohen Auslastungen der Flottenfahrzeuge im öffentlichen Nahverkehr veranlassen den Bundestag dazu, die Kommunen und Verkehrsgesellschaften bei der Beschaffung und Implementierung von mehr Flottenfahrzeugen mit Elektroantrieb zu unterstützen. (s. DEUTSCHER BUNDESTAG 2015)

Optimistische Projektion: „Deutschland will Leitmarkt und Leitanbieter werden

und setzt verstärkt auf staatliche Anreizmechanismen“

Deutschland hat bis 2015 im Vergleich zu anderen Ländern die staatlichen Förderaktivitäten vernachlässigt. Um das ambitionierte Ziel des Leitmarkts und des Leitanbieters zu erreichen, muss Deutschland versuchen, den Rückstand gegenüber anderen Nationen aufzuholen, indem erfolgreich etablierte Geschäftsmodelle und -konzepte adaptiert werden. In China ist ein schnell wachsender Markt mit großer Dynamik zu erkennen, der mit einer hohen Modellvielfalt und überdurchschnittlichen Förderquoten die Akzeptanz der Bevölkerung in einem frühen Stadium bereits erreicht hat. Großes Potenzial liegt ebenfalls in der Umstellung der konventionellen Flotten auf nachhaltige Antriebe. In den USA und in Frankreich wurde ein Gesetz zum Nachteilsausgleich von Dienstwagen verabschiedet, um die Attraktivität im gewerblichen Sektor langfristig zu steigern (vgl. WIETSCHEL U. ULLRICH 2015; vgl. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2012, 2014b).

4.4.7 Schlüsselfaktor ‚Batterietechnologie‘

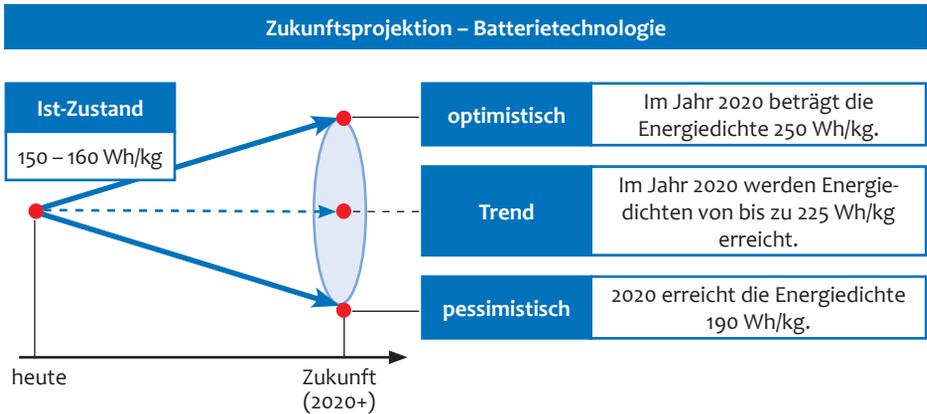


Abbildung 4.4-7: Zukunftsprojektion ‚Batterietechnologie‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-7 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand:

„Durchschnittliche Lithium-Ionen-Zellen haben eine Energiedichte von 150-160 Wh/kg“

Derzeit haben Lithium-Ionen-Akkumulatoren eine Energiedichte von 150-160 Wh/kg (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 12). Dabei verfügt die Lithium-Ionen-Technologie über einige große Potenziale: Sie zeichnet sich durch geringe Selbstentladung, hohe Wirkungsgrade und eine hohe Zuverlässigkeit aus (s. LEUTHNER 2014). Aktuell wird mit Hochdruck an deren Weiterentwicklung geforscht, wodurch Optimierungen dieser Technologie zu erwarten sind (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 28).

Pessimistische Projektion: „2020 erreicht die Energiedichte 190 Wh/kg“

Eine pessimistische Entwicklung liegt vor, wenn der Fortschritt der Batterietechnologie moderat verläuft und die ambitionierten Ziele bezüglich der Energie- und Leistungsdichten bis 2020 nicht erreicht werden. Das Fraunhofer ISI hat 2016 verschiedene Studien zur Entwicklung der Energiedichte von Lithium-Ionen-Akkumulatoren verglichen (vgl. THIELMANN ET AL. 2016, S. 10). Dabei wurde als pessimistische Entwicklung für 2020 eine Energiedichte von 190 Wh/kg

prognostiziert. Diese geht davon aus, dass Nachfolger der LI-Technologie – wie Lithium-Schwefel- und Lithium-Feststoff-Batterien – noch nicht verfügbar sind.

Trendprojektion: „Im Jahr 2020 werden Energiedichten von bis zu 225 Wh/kg erreicht“

Gemäß der Studie des Fraunhofer ISI beträgt die Energiedichte in der Trendprojektion 225 Wh/kg (vgl. THIELMANN ET AL. 2016, S. 10). Diese Ansicht wird von der Nationalen Plattform für Elektromobilität bestätigt (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 57). Diese Entwicklung ist nach Meinung der Experten jedoch nur erreichbar, wenn Forschung und Entwicklung von integrierter Zell- und Batterieproduktion realisiert werden. Dabei geht der Trend zunehmend in Richtung von Hochvolt- und Hochenergiematerialien (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 57). Die dabei entstehenden Herausforderungen bezüglich der Sicherheit müssen beachtet werden.

Optimistische Projektion: „Im Jahr 2020 beträgt die Energiedichte 250 Wh/kg“

In der optimistischen Projektion beträgt die Energiedichte im Jahr 2020 250 Wh/kg. Dieser Wert entspricht dem optimalen Fall in der Studie des Fraunhofer ISI zur Prognose der Energiedichte (s. THIELMANN ET AL. 2016, S. 10). In naher Zukunft steht weiterhin die vollständige Marktreife von Nachfolgetechnologien der Lithium-Ionen-Technologie bevor. Diese könnte Lithium-Schwefel, Lithium-Feststoff oder Lithium-Luft sein (vgl. THIELMANN ET AL. 2016, S. 16). Wichtige Charakteristika, wie z. B. eine hohe Schnellladefähigkeit, eine hohe Ladezahl, Recyclbarkeit und hohe Sicherheit, sind in der optimistischen Projektion für sämtliche Folgetechnologien gegeben.

4.4.8 Schlüsselfaktor ‚Energie- und Klimapolitik‘

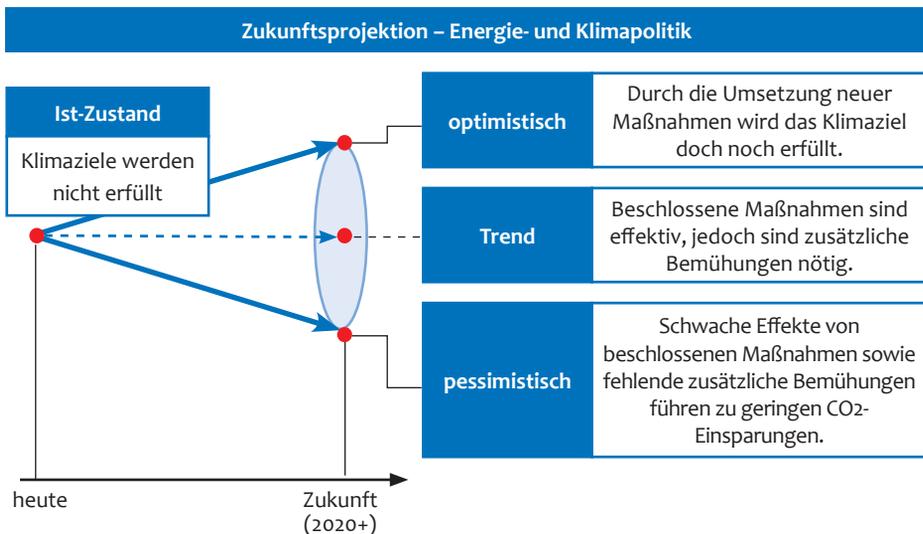


Abbildung 4.4-8: Zukunftsprojektion ‚Energie- und Klimapolitik‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-8 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Gesetzte Klimaziele werden voraussichtlich nicht erfüllt“

Das derzeitige Ziel der Bundesregierung hinsichtlich des Klimaschutzes ist die Verringerung der Treibhausgasemissionen bis 2020 um mindestens 40 Prozent gegenüber 1990 (s. DEUTSCHER BUNDESTAG 05.12.2014, S. 7). Zur Ausgestaltung eines Aktionsprogramms wurden dazu durch verschiedene Studien Potenziale in allen Sektoren erfasst (s. DEUTSCHER BUNDESTAG 05.12.2014, S. 9). Im Bereich der Energiewirtschaft wurden so beispielsweise die Reform des Emissionshandels, ein Ausbau der erneuerbaren Energien und die Weiterentwicklung von Kraft-Wärmekopplung als wichtige Handlungsfelder identifiziert (s. DEUTSCHER BUNDESTAG 05.12.2014, S. 13). Im Sektor Verkehr kommt demnach der Einführung der Elektromobilität im Personenverkehr eine besondere Bedeutung zu (s. DEUTSCHER BUNDESTAG 05.12.2014, S. 15). Unterhalb des Ziels der Verringerung der Treibhausgasemissionen legt die Bundesregierung jedoch keine sektorspezifischen Ziele fest (s. DEUTSCHER BUNDESTAG 05.12.2014, S. 9). Zukunftsprojektionen gehen aktuell nur von einer

Minderung der Treibhausgase um etwa 33 bis 34 Prozent bis 2020 gegenüber 1990 aus, womit das Ziel deutlich verfehlt wäre (s. DEUTSCHER BUNDESTAG 05.12.2014, S. 9).

Pessimistische Projektion: „Schwache Effekte von beschlossenen Maßnahmen sowie fehlende zusätzliche Bemühungen führen zu geringen CO₂-Einsparungen“

Teilweise sind Maßnahmen in der Verkehrspolitik in der Umsetzung hinsichtlich ihrer Treibhausgaseinsparung schwächer ausgefallen als in der Planungsphase angedacht, wie z. B. die CO₂-basierte Kfz-Steuer (s. MATTHES ET AL. 2013, S. 79). Weiterhin sind einige Maßnahmen, wie z. B. die Einschränkung bzw. Abschaffung der Entfernungspauschale, wieder zurückgenommen worden (s. MATTHES ET AL. 2013, S. 79). In der pessimistischen Projektion werden durch die Bundesregierung keine neuen Maßnahmen zur Erreichung von Klimaschutzzielen ergriffen. Zudem fällt auch die Wirkung von anderen Maßnahmen schwächer aus als bei Beschluss erhofft worden ist. Anders als es durch heutige Maßnahmen projiziert worden ist, führt dies zu einer geringeren Einsparung.

Trendprojektion: „Beschlossene Maßnahmen sind effektiv, jedoch sind zusätzliche Bemühungen dürftig“

Die beschlossenen Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen sind in der Zukunftsprojektion erfolgreich. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Strom-Mix steigt stetig und der Energieverbrauch ist rückläufig. Der EU-weite CO₂-Zielwert für die durchschnittliche Neuwagenflotte von 95 g CO₂/km wird für 2020 erreicht (s. MATTHES ET AL. 2013, S. 80). Die Bundesregierung setzt jedoch keine neuen Akzente, die zu einer weiteren Einsparung führen würden. So werden auch die die Elektromobilität betreffenden zusätzlichen Anreizmaßnahmen nicht beschlossen. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 wird bis zum Jahr 2020 eine Minderung der Treibhausgasemissionen von mindestens 34 Prozent erreicht (s. MATTHES ET AL. 2013, S. 1).

**Optimistische Projektion:
„Durch die Umsetzung neuer Maßnahmen wird das Klimaziel doch noch erreicht“**

In der Studie ‚Politiksznarien für den Klimaschutz VI‘ im Auftrag des Umweltbundesamtes wurde ein Szenario ausgearbeitet, welches den Einfluss von zusätzlichen Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen erfasst (s. MATTHES ET AL. 2013). Demnach sind durch zusätzliche Maßnahmen Emissionsminderungen von knapp 42 Prozent im Jahr 2020 gegenüber 1990 möglich (s. MATTHES ET AL. 2013, S. 1). Diese Maßnahmen umfassen beispielsweise eine weiterentwickelte Maut für Lastkraftwagen, eine rein schadstoff- und CO₂-basierte Kfz-Steuer und eine Förderung von KWK-Anlagen (s. MATTHES ET AL. 2013, S. 83f., 162). Gemäß dem entwickelten Szenario kann durch die Umsetzung von neuen Maßnahmen in der optimistischen Projektion das Ziel der Bundesregierung zum Klimaschutz doch noch erfüllt werden.

4.4.9 Schlüsselfaktor ‚Ladekonzepte‘

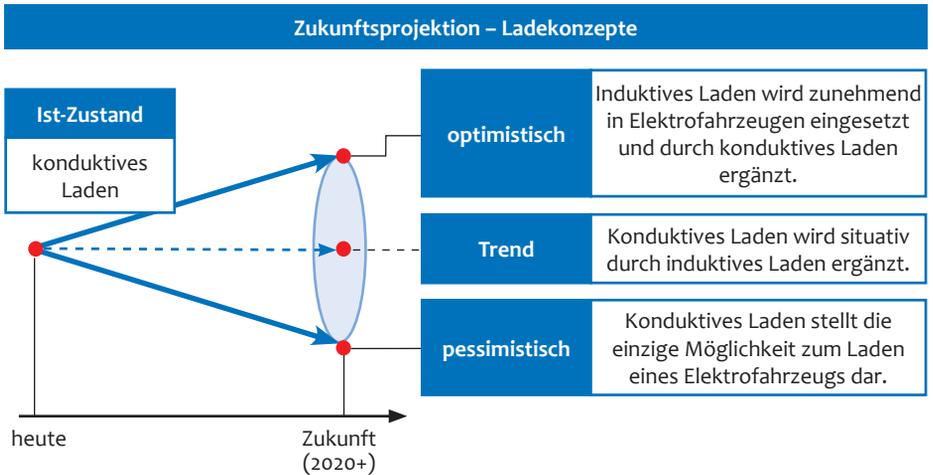


Abbildung 4.4-9: Zukunftsprojektion ‚Ladekonzepte‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-9 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Das konduktive Laden stellt aktuell die gängige Praxis dar“

Das konduktive Laden wird heutzutage alternativlos zum Laden von Elektrofahrzeugen eingesetzt und stellt den Ist-Zustand dieses Schlüsselfaktors dar (s. PROBST 2014, S. 7). Das induktive Laden wird in erster Linie in Forschungsprojekten (z. B. Einsatz für Linienbusse im Raum Braunschweig) eingesetzt, ist in Serienfahrzeugen bisher (s. SCHWARZER 2014; SERVATIUS ET AL. 2012) jedoch nicht verfügbar. Eine Realisierung von Batteriewechselstationen, die im Abschnitt „Einflussfaktor Ladekonzepte“ thematisiert werden, ist nach Meinung der Autoren VALENTINE-URBSCHAT U. BERNHART bis 2020 nicht zu erwarten (s. VALENTINE-URBSCHAT U. BERNHART 2009, S. 59). Für die Zukunftsprojektionen werden Batteriewechselstationen aus diesem Grund nicht weiter berücksichtigt. Detaillierte Gründe werden in Abschnitt 5.3.1 beschrieben.

Pessimistische Projektion:

„Konduktives Laden stellt die einzige Möglichkeit zum Laden eines Elektrofahrzeugs dar“

Der Energiekonzern RWE geht davon aus, dass „das Laden mittels Ladekabel [Anm. d. Verf.: konduktives Laden] [...] sich [...] auch in Zukunft durchsetzen wird“ (s. REICHERT ET AL. 2012, S. 459). Das konduktive Laden besitzt nach Meinung der Autoren den wesentlichen Vorteil, dass das existierende Stromnetz genutzt und die Investitionskosten im Vergleich zu alternativen Ladekonzepten auf ein Minimum reduziert werden können (s. REICHERT ET AL. 2012, S. 459). Die Firmenstrategie von RWE sieht es vor, die Ladekonzepte „Induktives Laden“ und „Batteriewechsel“ aufgrund erhöhter Kosten und technischer Nachteile nicht weiter zu betrachten (s. RWE EFFIZIENZ GMBH 2013, S. 158).

Die Auffassung, dass das konduktive Laden auch in Zukunft als wesentlicher Standard zu betrachten ist, wird auch von den Autoren VALENTINE-URBSCHAT U. BERNHART vertreten. Wenngleich das induktive Laden einen hohen Komfort für den Nutzer bietet und ein besonderer Schutz vor Vandalismus besteht, bedarf es erheblicher Entwicklungsfortschritte bezüglich des Wirkungsgrades beim Laden und der Kosten für den Ausbau der benötigten Ladeinfrastruktur. Aus den genannten Gründen halten die Autoren das konduktive Laden auch weiterhin für unumgänglich. (s. VALENTINE-URBSCHAT U. BERNHART 2009, S. 61)

Trendprojektion:

„Konduktives Laden wird situativ durch induktives (stationäres) Laden ergänzt“

Für 2020 gehen die Experten von PwC davon aus, dass das induktive Laden marktreif sein wird. Der primäre Einsatz beschränkt sich auf den ÖPNV und Mobilitätsanbieter (z. B. stationsgebundenes Carsharing), da hierbei durch die hohe Frequentierung am ehesten die Mehrkosten der Technologie kompensiert werden können (s. PWC 2012, S. 136f.). Zusätzlich ist es denkbar, dass Parkplätze mit entsprechender Infrastruktur zum induktiven Laden bereitstehen (s. PWC 2012, S. 83). Darüber hinaus stellt das konduktive Laden weiterhin den wesentlichen Bestandteil des Ladens dar (s. PWC 2012, S. 136f.).

Eine ähnliche Sichtweise vertreten die Autoren HACKER ET AL., die für 2020 eine Vormachtstellung des konduktiven Ladens erwarten. Es findet eine ergänzende Nutzung des induktiven Ladens statt. Das konduktive Laden wird vor allem im privaten Bereich verwendet, während im ÖPNV bevorzugt das induktive Laden zum Einsatz kommt. (s. HACKER 2014, S. 68)

Die erwähnten Quellen greifen das induktive Laden nicht gesondert auf. Aus diesem Grund findet es im Rahmen dieser Zukunftsprojektion keine weitere Berücksichtigung.

Optimistische Projektion: „Induktives (dynamisches) Laden wird zunehmend in Elektrofahrzeugen eingesetzt und durch konduktives Laden ergänzt“

Durch bedeutende Entwicklungsfortschritte in den Bereichen Wirkungsgrad, Bauraum, Gewicht und Kosten stellt das induktive (dynamische) Laden im Jahr 2020 den zukünftigen Standard zum Laden eines Elektrofahrzeugs dar. Die Entwicklung eines Elektrofahrzeugs wird entsprechend auf das neuartige Ladekonzept ausgerichtet. Dem induktiven Laden kommt das automatische Laden während der Fahrt zugute, wodurch eine Netzstabilisierung realisiert werden kann. Der Fortschritt des Ladekonzepts wird im großen Maße die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität vorantreiben. In Ausnahmefällen können die Nutzer ebenfalls Schnellladesäulen aufsuchen, um das Elektrofahrzeug zu laden. (s. INSTITUT FÜR AUTOMATION UND KOMMUNIKATION 2011, S. 7f.)

Eine ähnliche Meinung vertreten die Autoren FROST U. SULLIVAN, die dem induktiven Laden zukünftig großes Potenzial zuweisen. Dafür wird es notwendig sein, mögliche Herausforderungen, wie zum Beispiel die Kosten, zu reduzieren. Die Autoren empfehlen geeignete Kooperationen zwischen kleineren Unternehmen und Automobilherstellern, um den Kunden mittels induktiven Ladens einen entscheidenden Nutzen zu bieten. Über mehrere Entwicklungsphasen wird das induktive Laden ab 2018 serienmäßig bei Elektrofahrzeugen zum Einsatz kommen, wodurch bereits im Jahr 2020 ein entscheidender Marktanteil für das induktive Laden erzielt werden kann. Darüber hinaus wird immer noch ein wesentlicher Teil der Elektrofahrzeuge konduktiv geladen, wobei der Anteil einen sinkenden Trend aufweist. (s. FROST U. SULLIVAN 2014)

Beide Veröffentlichungen sprechen dem induktiven Laden ein enormes Potenzial zu. Während das INSTITUT FÜR AUTOMATION UND KOMMUNIKATION MAGDEBURG (ifak) das induktive Laden im Jahr 2020 als alternativlos erachtet, gehen FROST U. SULLIVAN davon aus, dass ein erheblicher Anteil der Elektrofahrzeuge immer noch konduktiv geladen werden wird. Die wesentliche Gemeinsamkeit besteht darin, dass die beiden Quellen die Technologie als zukunftsweisend betrachten und davon ausgehen, dass der Marktanteil stetig steigen wird. Aus diesem Grund wird die optimistische Zukunftsprojektion so definiert, dass Elektrofahrzeuge zunehmend induktiv (dynamisch) geladen werden, wobei das konduktive Laden ergänzend Verwendung findet.

welchem sämtliche Elektrofahrzeuge in Europa geladen werden können (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 107). Auf andere Standards bezogen läuft der Fortschritt in der pessimistischen Projektion jedoch schleppend. Besonders branchenübergreifende Standardisierungsvorhaben sind bisher erfolglos. Hinsichtlich der herstellerübergreifenden Kommunikation der Fahrzeuge sowie des einheitlichen Bezahlers für Services, wie z. B. des Ladens, besteht noch großer Handlungsbedarf.

Trendprojektion: „Manche Bereiche der Elektromobilität sind standardisiert, die Internationalität fehlt stellenweise“

In der Trendprojektion konnten vor allem zufriedenstellende Standards bezüglich der Produkt- und Betriebssicherheit sowie der Ladeinfrastruktur erzielt werden. Diese Bereiche haben eine hohe Bedeutung für die Markteinführung der Elektromobilität (vgl. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014a, S. 9). Jedoch wurden besonders Themen der Kommunikation und des Energieflusses, wie z. B. Authentifizierung und Smart-Grid-Fähigkeit, bisher nicht ausreichend standardisiert. Aktuelle Standards ermöglichen so die Nutzung der Elektromobilität, jedoch kann ihr ganzes Potenzial durch die noch fehlenden Standards nicht ausgeschöpft werden. Weiterhin fehlt es den bestehenden Standards und Normen teilweise an Internationalität, sodass die problemlose Interaktion internationaler Akteure nicht stets gewährleistet ist.

**Optimistische Projektion:
„Elektromobilität ist branchenübergreifend und international standardisiert“**

Gemäß dem Zeitplan für die Umsetzung von Themenfeldern für die Normungs-Roadmap der NPE besteht im Jahr 2020 in der optimistischen Projektion Standardisierung in allen wesentlichen Bereichen der Elektromobilität (vgl. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014a, S. 9). Bei der Entwicklung von Standards und Normen wurde stets ein internationaler Ansatz verfolgt. Dies bedeutet, dass der deutsche oder europäische Markt nicht isoliert, sondern in globaler Interaktion betrachtet wurde. Dabei wurden einheitliche Lösungen über Branchengrenzen hinweg gefunden, sodass diverse Schnittstellen zwischen Akteuren verschiedener Branchen ausreichend definiert sind (vgl. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014a, S. 9).

4.4.11 Schlüsselfaktor ‚Ladeinfrastruktur‘

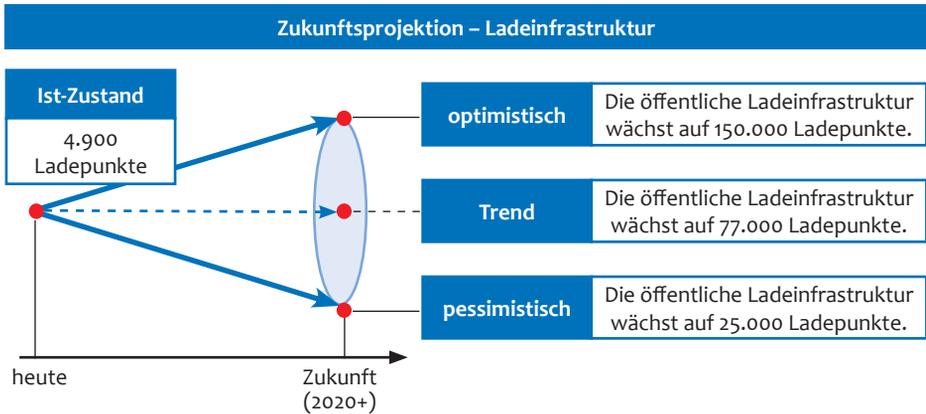


Abbildung 4.4-11: Zukunftsprojektion ‚Ladeinfrastruktur‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-11 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Es existieren 4.800 öffentliche Ladepunkte und 100 Schnellladepunkte“

Eine Untersuchung hat ergeben, dass 2014 insgesamt rund 4.800 öffentliche Normal- und 100 Schnellladepunkte in Deutschland verfügbar waren. Die wesentliche Mehrheit der Ladepunkte weist Ladeleistungen zwischen 2 und 22 kW auf. Die Anzahl der öffentlichen Ladepunkte erreicht das Zielverhältnis von 10:1 (Elektrofahrzeuge: öffentliche Ladepunkte), was europaweit empfohlen wird. Die Ladeinfrastruktur beschränkt sich bisher zunehmend auf Ballungszentren und ist bisher nicht flächendeckend verfügbar. Ein einheitliches Bezahlssystem hat sich zudem noch nicht etabliert. Über die genaue Finanzierung zum Aufbau der Infrastruktur existieren bisher keine genauen Lösungsmöglichkeiten. (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 22)

Pessimistische Projektion: „Die öffentliche Ladeinfrastruktur wächst auf 25.000 Ladepunkte an“

Die Bundesregierung hat 2016 ein Förderprogramm beschlossen, welches vorsieht, dass bis 2020 5.000 neue Schnellladestationen und 10.000 konventionelle Ladestationen errichtet werden (s. BMWi 2016). Zählt man die bisher errichteten Ladestationen sowie etwaig durch

externe Unternehmen errichtete Ladestationen hinzu, erhält man eine Anzahl von 25.000 Ladestationen als pessimistische Zukunftsprojektion.

Die Autoren RICHTER U. LINDENBERGER entwerfen ein negatives Szenario für die Ladeinfrastruktur im Jahr 2020. Sie gehen davon aus, dass der Ausbau der Ladeinfrastruktur nur unzulänglich voranschreiten wird. Einen Grund, dass sich das auf absehbare Zeit nicht ändern wird, sehen die Autoren darin, dass nur geringe Ladeleistungen an den öffentlichen Ladepunkten verfügbar sind. Dadurch entsteht den Nutzern kein wesentlicher Vorteil im Vergleich zum herkömmlichen Laden an der heimischen Steckdose. Aus Sicht der Ladeinfrastrukturbetreiber ist das Geschäftsmodell nicht wirtschaftlich zu betreiben, weil die Standzeiten der Elektrofahrzeuge aufgrund der geringen Ladeleistungen sehr hoch sind. Eine genaue Anzahl an Ladepunkten wird nicht genannt. (s. RICHTER U. LINDENBERGER 2010, S. 38)

Die Unternehmensberatung BAIN geht einen Schritt weiter und behauptet, dass „der Erfolg der Elektromobilität vom Aufbau einer kostspieligen Infrastruktur weitgehend unabhängig ist“ (MATTHIES 2010, S. 10). Die Behauptung wird dadurch begründet, dass nur für einen geringen Anteil der Bevölkerung (ca. 15 Prozent) ein Bedarf für öffentliche Ladepunkte besteht. Die restlichen Ladevorgänge werden vornehmlich von zu Hause aus oder auf der Arbeit durchgeführt. Nur in Ausnahmefällen greifen die Nutzer der Elektromobilität auf Schnellladepunkte an Tankstellen zurück. Eine genaue Anzahl an Ladepunkten wird nicht genannt. (s. MATTHIES 2010, S. 10f.)

Trendprojektion: „Die öffentliche Ladeinfrastruktur wächst auf 77.000 Ladepunkte“

Nach Meinung der Bundesregierung bedarf es für 2020 insgesamt 70.000 öffentlicher Normal- und rund 7.000 Schnellladepunkte. Die Erhöhung der Ladepunkte auf diesen Wert ist nötig, um dem stetigen Zuwachs an Elektrofahrzeugen auf deutschen Straßen gerecht zu werden. Für die Zukunft liegt ein besonderer Fokus auf dem Ausbau der nötigen Ladeinfrastruktur entlang von Autobahnen. (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2014b, S. 43f.)

Die Autoren HACKER ET AL. gehen ebenfalls davon aus, dass die Ladeinfrastruktur entsprechend dem Markterfolg von Elektrofahrzeugen ausgebaut wird. Davon profitieren besonders Privatpersonen ohne eigenen Stellplatz. Zusätzlich werden vermehrt Schnellladesäulen errichtet, wobei diese nur unzureichend ausgelastet sind. Eine genaue Anzahl an Ladepunkten wird nicht genannt. (s. HACKER 2014, S. 69)

In den zwei Quellen wird jeweils von einem stetigen Ausbau der Ladeinfrastruktur ausgegangen. Es zeigt sich, dass lediglich die NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT eine genaue Anzahl an Ladepunkten prognostiziert. Demnach wird für die Trendprojektion eine Anzahl von 77.000 Ladepunkten angenommen.

Optimistische Projektion: „Die öffentliche Ladeinfrastruktur wächst auf 150.000 Ladepunkte“

Die Europäische Union formuliert für 2020 eine Zielvorgabe von 150.000 öffentlichen Ladepunkten in Deutschland. Dieser Zielzustand wird benötigt, um ein schnelles Marktwachstum der Elektromobilität zu erzielen. (s. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2013)

In weiterer Fachliteratur wird ein optimistisches Szenario für die Ladeinfrastruktur in 2020 aufgezeigt. Die Autoren Richter et al. beschreiben in ihrer „Begleitforschungs-Studie Elektromobilität“ ein Szenario, in dem die öffentliche Ladeinfrastruktur eine hohe Auslastung aufweist. Die Ladepunkte zeichnen sich durch hohe Ladeleistungen aus. Aus Sicht der Betreiber ist ein wirtschaftlich funktionierendes Geschäftsmodell vorzufinden, was aus den kurzen Standzeiten der Elektrofahrzeuge resultiert. In puncto Ladezeit entsteht für die Nutzer ein entscheidender Mehrwert, was die hohe Auslastung begründet. (s. RICHTER U. LINDENBERGER 2010, S. 39)

In einer weiteren Studie am Beispiel von Österreich wird von einer sukzessiven Ausweitung des Ladeinfrastrukturnetzes ausgegangen. Wengleich die Studie nicht auf Deutschland ausgerichtet ist, werden wesentliche Gründe für das Szenario benannt, die ebenfalls für das Fallbeispiel von Deutschland relevant sind. Die Autoren begründen die Annahme des Netzausbaus damit, dass die Betreiber ihre Angebote zunehmend vernetzen. Zusätzlich wird ein einheitliches Bezahlssystem eingeführt. Durch die genannten Gründe entsteht eine komfortable Nutzung für die Besitzer von Elektrofahrzeugen, was eine hohe Auslastung der Ladeinfrastruktur zur Folge hat. Um der Auslastung gerecht zu werden, ist ein engmaschiges Ladenetz erforderlich. Eine genaue Anzahl an Ladepunkten wird nicht genannt. (s. AUSTRIATECH 2015, S. 41)

In den drei Quellen wird jeweils von einer hohen Auslastung der Ladeinfrastruktur ausgegangen. Es zeigt sich, dass lediglich die EUROPÄISCHE KOMMISSION eine genaue Anzahl an Ladepunkten prognostiziert. Demnach wird für die optimistische Projektion eine Anzahl von 150.000 Ladepunkten angenommen.

4.4.12 Schlüsselfaktor ‚Alltagstauglichkeit‘

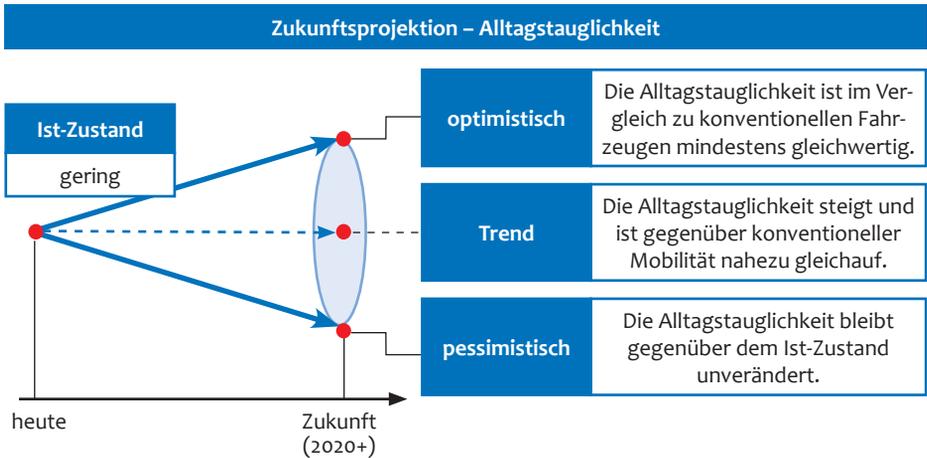


Abbildung 4.4-12: Zukunftsprojektion ‚Alltagstauglichkeit‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-12 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Die Alltagstauglichkeit ist vor allem aufgrund eines höheren Planungsaufwands im Vergleich zur konventionellen Mobilität gering“

Gegenwärtig bietet die Nutzung eines Elektrofahrzeugs nicht den nötigen Komfort, um als alltagstauglich eingestuft zu werden (s. COCCA ET AL. 2015, S. 36). Im Vergleich zur konventionellen Mobilität resultiert dies unter anderem aus geringeren Reichweiten, einer ungenügenden Ladeinfrastruktur und der Abhängigkeit von klimatischen Verhältnissen. Dadurch steigt der Planungsaufwand für die Nutzung der Elektromobilität, womit die Alltagstauglichkeit sinkt. Durch die Abkehr von bestimmten Gewohnheiten und Einstellungen der Nutzer ist die empfundene Alltagstauglichkeit gering (vgl. DALLINGER ET AL. 2011, S. 23), obwohl bereits heute über 90 Prozent der Strecken mit einem Elektrofahrzeug zurückgelegt werden könnten (s. Reichweite). Dies verdeutlicht ein Defizit an Aufklärung der Nutzer über die Möglichkeiten der Elektromobilität und an unzureichenden Hilfsmitteln, wie beispielsweise Apps zum Finden von Ladesäulen.

Pessimistische Projektion:

„Die Alltagstauglichkeit bleibt gegenüber dem Ist-Zustand unverändert“

Die Alltagstauglichkeit erhöht sich in der pessimistischen Zukunftsprojektion gegenüber dem derzeitigen Zustand nicht. Die Ursachen dafür liegen zum einen im Ausbleiben technischer Innovationen, die die Integration von Elektromobilen erleichtern. Dementsprechend konnte beispielsweise die Energiedichte der Batterien nicht gesteigert werden, womit die Reichweiten der Fahrzeuge noch immer gering sind. Zum anderen schaffen es die Förderer der Elektromobilität nicht, Informationen und Hilfsmittel bereitzustellen, um das Erfahrungsdefizit der Nutzer auszugleichen.

Trendprojektion: „Die Alltagstauglichkeit steigt und ist gegenüber konventioneller Mobilität nahezu gleichauf“

Die Alltagstauglichkeit entwickelt sich positiv und die Nutzung von Elektrofahrzeugen wird komfortabler. Die Ursachen dafür können unterschiedlich sein und treten nicht zwangsweise gemeinsam ein. So können Durchbrüche bei der Batterieforschung die Reichweiten von Elektrofahrzeugen erhöhen, wodurch der Planungsaufwand der Nutzung sinkt (vgl. KEICHEL U. SCHÖLLER 2013, S. 111). Eine weitere Ursache besteht in der Ausweitung von nutzerorientierten Dienstleistungen, welche den Komfort der Nutzung von Elektrofahrzeugen steigern und technologische Schwächen ausgleichen können.

Optimistische Projektion: „Die Alltagstauglichkeit von Elektrofahrzeugen ist im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor mindestens gleichwertig“

Im optimistischen Szenario befindet sich die Alltagstauglichkeit von Elektrofahrzeugen auf einem Niveau, welches mindestens so hoch ist wie jenes konventioneller Fahrzeuge. Die Bemühungen hinsichtlich der einfachen Integration der Fahrzeuge in den Alltag der Nutzer waren sehr erfolgreich (vgl. PWC 2012, S. 17). So konnten Reichweitenprobleme entweder technologisch oder unter Zuhilfenahme von Servicekonzepten gelöst werden. Die Nutzer sind über die Möglichkeiten der Elektromobilität in sehr großem Umfang informiert. Denkbar ist weiterhin, dass Nutzern von Elektrofahrzeugen durch den Gesetzgeber Privilegien eingeräumt werden (vgl. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 77f.). So steigt beispielsweise die Alltagstauglichkeit, da Fahrdauern durch die Nutzung von Busspuren oder Sonderspuren für Elektrofahrzeuge verringert werden.

4.4.13 Schlüsselfaktor ‚Ölpreis‘

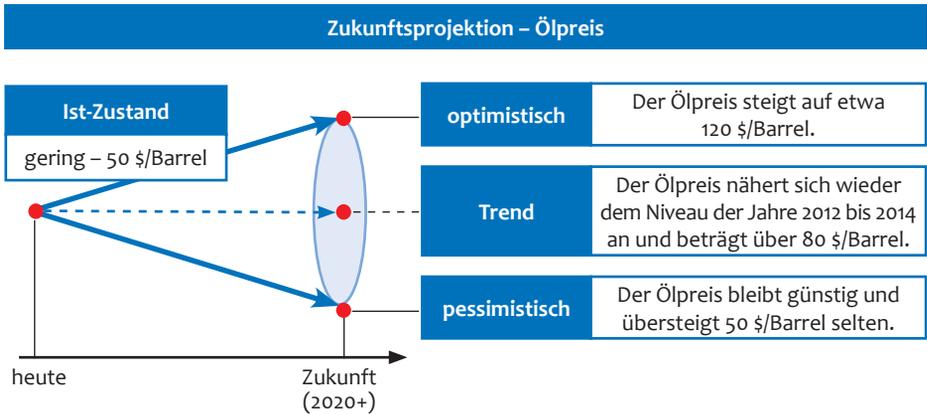


Abbildung 4.4-13: Zukunftsprojektion ‚Ölpreis‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-13 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist Zustand: „Der Ölpreis ist historisch gesehen mit etwa 50 \$ pro Barrel aktuell gering“

In den Jahren 2012 bis 2016 schwankte der Ölpreis zwischen 29,14 Dollar und 126,06 Dollar pro Barrel Rohöl (s. TM-UNTERNEHMENSGRUPPE 2016). Der Ölpreis kann mithin als sehr volatil bezeichnet werden, was eine Prognose für die Zukunft erschwert. Während der Ölpreis bis Mitte 2014 noch relativ konstant über 100 Dollar lag, brach er zu diesem Zeitpunkt ein und lag im Jahr 2016 im Mittel unter 50 Dollar (s. TM-UNTERNEHMENSGRUPPE 2016). Historisch gesehen kann der Ölpreis zum aktuellen Zeitpunkt folglich als niedrig bezeichnet werden. Die daraus resultierenden vergleichsweise günstigen Diesel- und Benzinpreise senken die Gesamtkosten von konventionellen Fahrzeugen im Vergleich zu Elektrofahrzeugen.

Pessimistische Projektion: „Der Ölpreis bleibt günstig und übersteigt 50 \$ selten“

In der pessimistischen Projektion bleibt der Ölpreis günstig, wodurch die Betriebskosten von konventionellen Fahrzeugen im Vergleich zu Elektrofahrzeugen begünstigt werden. Einer der Gründe für den niedrigen Ölpreis liegt in der fehlenden Deckelung der Fördermenge von Öl (vgl. HANDELSBLATT 2016). Dadurch können die Förderstaaten von Öl, wie beispielsweise Saudi-

Arabien, Russland, USA und China, in einen starken Konkurrenzkampf um Marktanteile treten. Die Konsequenz sind Überkapazitäten, die den Ölpreis niedrig halten (vgl. HANDELSBLATT 2016). Trendprojektion: „Der Ölpreis nähert sich wieder dem Niveau von den Jahren 2012 bis 2014 an und beträgt über 80 Dollar pro Barrel“

Gemäß einer Analyse der Ölpreisentwicklung durch PRICEWATERHOUSECOOPERS (PWC) liegt der Ölpreis in der Trendprojektion im Jahr 2020 bei etwa 80 Dollar pro Barrel. Die Experten haben verschiedene Quellen gegenübergestellt, die sich mit der zukünftigen Entwicklung des Ölpreises befassen. Während die unabhängige Organisation International Energy Agency von einem Trendpreis von etwa 70 Dollar ausgeht, prognostiziert *Rystad Energy* einen Preis von ca. 90 Dollar pro Barrel. Daher wird der gemittelte Wert von 80 Dollar pro Barrel für die Trendprojektion angenommen. Die von PWC dargestellten Studien stimmen in der Tatsache überein, dass der Ölpreis tendenziell steigen wird. (s. VELTHUIJSEN 2016, S. 4)

Optimistische Projektion: „Der Ölpreis steigt auf etwa 120 Dollar pro Barrel“

Aufgrund verschiedener Faktoren steigt der Ölpreis in der optimistischen Projektion auf über 120 Dollar pro Barrel. Dies entspricht der extremen Prognose durch die *International Energy Agency* (s. VELTHUIJSEN 2016, S. 4). So führt das steigende Wirtschaftswachstum in Schwellenländern zu erhöhter Nachfrage auf dem Markt (BERTRAM U. BONGARD 2014). Zudem resultiert aus der Endlichkeit des fossilen Brennstoffs eine immer schwierigere und damit teurere Zugänglichkeit und Erschließbarkeit (vgl. WALLSTREET ONLINE 2016). Der teure Ölpreis begünstigt dabei die positive Entwicklung der Elektromobilität, da die Elektrofahrzeuge durch alternative Energiequellen betrieben werden können.

4.4.14 Schlüsselfaktor ‚Neue Servicekonzepte‘

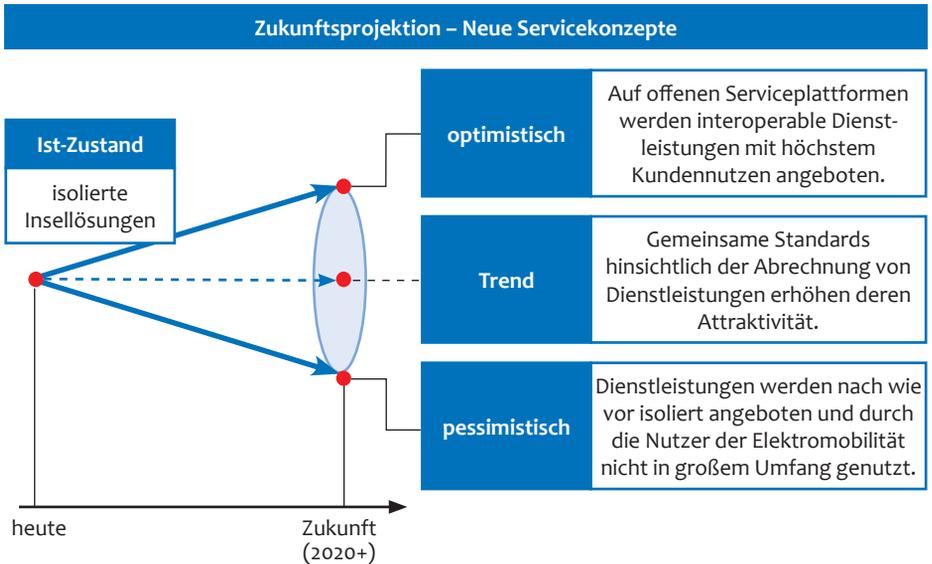


Abbildung 4.4-14: Zukunftsprojektion ‚Neue Servicekonzepte‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-14 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Bestehende Servicekonzepte sind Insellösungen, denen es an Interoperabilität und damit an Komfort fehlt“

Derzeitige Servicekonzepte innerhalb der Elektromobilität haben unterschiedliche Themen im Fokus. So bieten diverse Carsharing-Unternehmen die Nutzung von Fahrzeugen ohne deren Kauf an (s. Carsharing-News 2013), Fahrzeughersteller weisen den Nutzern den Weg zur nächsten verfügbaren Ladesäule (s. TESLA MOTORS 2018) und Energieversorger bieten bezüglich des verbrauchten Stroms besondere Abrechnungsservices an (s. RWE EMOBILITY O. J.). Anzumerken ist, dass sämtliche dargestellte Dienstleistungen mehrfach am Markt angeboten werden. Weiterhin sind diese Dienstleistungen untereinander zumeist nicht verknüpft, sodass keine Lösung aus einer Hand angeboten wird. Nutzer werden durch dieses große Angebot verschiedenster Dienste abgeschreckt (vgl. DEUTSCHES DIALOG INSTITUT 2013, S. 8).

Die Herausgeber des *Arbeitskreises Smart-Service-Welt* heben die Größe des digitalen Ökosystems als Erfolg für intelligente, innovative Dienstleistungen hervor (vgl. KAGERMANN ET AL. 2016, S. 9). Innerhalb eines solchen Ökosystems wird den Nutzern über eine Plattform ein breites Dienstleistungsspektrum geboten. Entscheidend dafür ist die Kooperation mehrerer Marktakteure (s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 45). Beispielhaft führen die Autoren den gemeinsamen Kauf des Kartendienstes HERE durch Daimler, BWM und Audi auf, mithilfe dessen interoperable Dienstleistungen entwickelt werden können (s. KAGERMANN ET AL. 2016, S. 9). Entgegen den Ausführungen des *Arbeitskreises Smart-Service-Welt* ist der Elektromobilitätsmarkt jedoch, wie soeben erläutert, aktuell weitestgehend von isolierten Dienstleistungen geprägt. Interoperable Plattformen wie HERE zeigen allerdings erste Ansätze von bundesweiten Angebotsintegrationen. Sofern diese Ansätze durch partnerschaftliche Kooperationen umgesetzt werden können, haben neue Dienstleistungen sehr hohes Potenzial, der Elektromobilität zum Durchbruch zu verhelfen (s. KAMPKER ET AL. 2013, S. 119ff.; s. KAGERMANN ET AL. 2016, S. 9).

Pessimistische Projektion: „Dienstleistungen werden nach wie vor isoliert angeboten und durch die Nutzer der Elektromobilität nicht in großem Umfang genutzt“

Bemühungen der Marktakteure, Kooperationen einzugehen, fehlen oder sind unzureichend (vgl. KAMPKER ET AL. 2013, S. 119). Dadurch bleibt das Dienstleistungsangebot isoliert und neuartige Dienstleistungen, welche einen hohen Anspruch an Interoperabilität haben, werden nicht angeboten. Insbesondere kann weder das neue Mobilitätsbewusstsein in der Bevölkerung noch eine Verfügbarkeits- und Reichweitensicherheit adressiert werden (vgl. KAMPKER ET AL. 2013, S. 129). Den Nutzern wird Elektromobilität nicht aus einer Hand angeboten und auch die Abrechnungssysteme verschiedener Dienste sind nicht einheitlich (vgl. KAMPKER ET AL. 2013, S. 45). In der Konsequenz ist die Attraktivität der angebotenen Dienstleistungen und dadurch auch die Akzeptanz der Nutzer – bezogen auf die Dienstleistungen – gering.

Trendprojektion: „Gemeinsame Standards hinsichtlich der Abrechnung von Dienstleistungen erhöhen deren Attraktivität“

Die Abrechnung von Dienstleistungen in der Elektromobilität erfolgt standardisiert über einen einheitlichen Zugangsschlüssel, ein IT-Gerät oder eine Karte (vgl. KAMPKER ET AL. 2013, S. 75). Neue Servicekonzepte werden von diversen Akteuren am Markt angeboten und erfreuen sich aufgrund der einheitlichen Abrechnung erhöhter Beliebtheit (vgl. KAMPKER ET AL. 2013, S. 135). So können Nutzer beispielsweise Ladesäulen diverser Betreiber nutzen, ohne jeweils neue Benutzerkonten zu erstellen. Der Komfort der Elektromobilität wird durch die Schaffung des einheitlichen Abrechnungsstandards gesteigert, da die Nutzer flexibler werden. Kooperationen der Akteure bei der Serviceerbringung stehen nicht im Vordergrund. Ebenso konnte keine Plattform geschaffen werden, auf der interoperable Dienstleistungen angeboten werden.

Optimistische Projektion: „Auf offenen Serviceplattformen werden interoperable Dienstleistungen mit höchstem Kundennutzen angeboten“

Verschiedene Akteure sind auf Serviceplattformen miteinander vernetzt und bieten gänzlich neue Dienstleistungen an (vgl. ARBEITSKREIS SMART-SERVICE-WELT 2015, S. 5). Dazu wurden branchen- und sektorenübergreifend Kooperationen eingegangen, wodurch neue Kombinationen aus Produkten und Dienstleistungen ermöglicht wurden (vgl. ARBEITSKREIS SMART-SERVICE-WELT 2015, S. 16). Für den Nutzer bedeutet das einen einfachen Zugang zu neuen Technologien. In der Folge kann er seine Mobilität höchst flexibel gestalten und ist nicht eingeschränkt. Moderne Datenerfassung macht es dabei möglich, bestehende Dienstleistungen ständig zu optimieren und an sich ändernde Bedürfnisse der Nutzer anzupassen. Der Kundennutzen steht dabei stets im Vordergrund und erreicht ein bisher nicht dagewesenes Ausmaß (vgl. ARBEITSKREIS SMART-SERVICE-WELT 2015, S. 15).

4.4.15 Schlüsselfaktor ‚Sicherheit‘

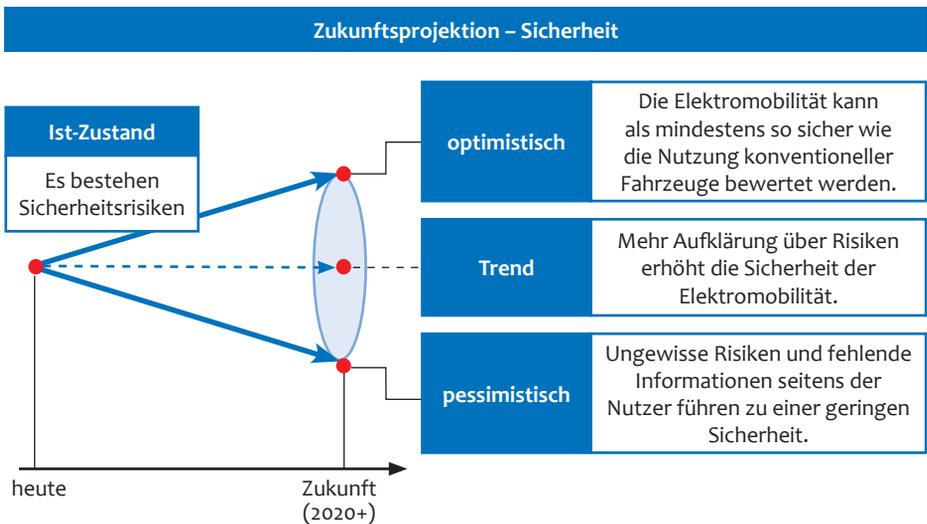


Abbildung 4.4-15: Zukunftsprojektion ‚Sicherheit‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-15 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist-Zustand: „Neue Gefahrenquellen stellen Sicherheitsrisiken dar, über welche die Bevölkerung nicht ausreichend informiert ist“

Generell sind elektrisch betriebene Fahrzeuge nicht sicherheitskritischer als solche mit konventionellem Antrieb (vgl. HIRSCH ET AL. 2011, S. 45). Neue Gefahrenquellen, mit denen die Nutzer nicht vertraut sind, bergen jedoch besondere Risikopotenziale (vgl. HIRSCH ET AL. 2011, S. 45f.; vgl. ALBRECHT U. KRAUSE 2013, S. 3ff.). Das Hochvolt-System der Fahrzeuge stellt ein solches Risikopotenzial dar, da es im Zusammenhang mit Transport, Wartung und Instandhaltung der Fahrzeuge zu gefährlichen Stromschlägen kommen kann (vgl. ALBRECHT U. KRAUSE 2013, S. 5). In hohem Maße kritisch sind Unfälle, bei denen das Hochvolt-System der Elektrofahrzeuge betroffen ist. Diese führten in Asien und den USA bereits zu Bränden von Fahrzeugen (vgl. ALBRECHT U. KRAUSE 2013, S. 5). Die Ströme, welche in einem Fehlerfall innerhalb des Fahrzeugs auftreten, liegen bei 2000 bis 3000 Ampere und können somit tödlich sein (vgl. HIRSCH ET AL. 2011, S. 45). Auch die Möglichkeit von ungewollten Reaktionen der Batteriechemikalien beinhaltet ein Risiko, welches jedoch intensiv erforscht wird (vgl. HIRSCH ET AL. 2011, S. 45). Aufgrund der erläuterten Risiken sieht der Verband Deutscher Ingenieure (VDI) den Bedarf an mehr Information und Aufklärung der Bevölkerung (vgl. ALBRECHT U. KRAUSE 2013, S. 5).

Pessimistische Projektion: „Ungewisse Risiken und fehlende Informationen seitens der Nutzer führen zu einer geringen Sicherheit“

In der pessimistischen Projektion konnte die Ist-Situation des Faktors ‚Sicherheit‘ nicht verbessert werden oder hat sich sogar verschlechtert. Durch die Batterieforschung werden wichtige Bestandteile der Batterie hinsichtlich der Leistung und geringer Kosten kontinuierlich optimiert. Die Geschwindigkeit der weltweiten Entwicklung neuer Materialkombinationen ist so hoch, dass ausgiebige Sicherheitstests vernachlässigt werden und die Qualität dieser sinkt. Insbesondere fehlende globale Prüf- und Teststandards, die aufgrund dieser Situation dringend nötig wären, erhöhen das Sicherheitsrisiko der Elektrofahrzeuge. Darüber hinaus gelingt es der Politik und anderen Akteuren des Marktes nicht, die Nutzer der Elektromobilität ausreichend über die Gefahren aufzuklären sowie konkrete Handlungsempfehlungen vorzugeben (vgl. ALBRECHT U. KRAUSE 2013, S. 5).

Trendprojektion: „Mehr Aufklärung über Risiken erhöht die Sicherheit der Elektromobilität“

Die Nutzer sind ebenso wie andere Verkehrsteilnehmer über die Besonderheiten von Elektrofahrzeugen informiert (vgl. ALBRECHT U. KRAUSE 2013, S. 5). Eine unwissentliche Fehlnutzung wird damit weitestgehend ausgeschlossen, wodurch Risikopotenziale gemindert werden können. Es besteht jedoch noch Handlungsbedarf bezüglich der flächendeckenden Integration wichtiger technischer Schutzmechanismen, wie z. B. der sofortigen Spannungsfreiheit (vgl. Beschreibung Einflussfaktor ‚Sicherheit‘). Diese Mechanismen müssen durch erhöhten Forschungsaufwand

optimiert werden (vgl. PWC 2012, S. 111). Infolge der erhöhten Aufklärung der Nutzer und der teilweisen technischen Umsetzung von Sicherheitsmechanismen innerhalb der Fahrzeuge kann die Sicherheit der Elektromobilität in der Trendprojektion verbessert werden. Sie liegt allerdings noch nicht auf demselben Niveau wie die Sicherheit konventioneller Fahrzeuge.

Optimistische Projektion: „Die Elektromobilität kann mindestens so sicher bewertet werden wie die Nutzung konventioneller Fahrzeuge“

Das Ziel, bei Elektrofahrzeugen ein höheres Sicherheitsniveau als bei Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb zu erreichen, ist in der optimistischen Projektion erfüllt (vgl. BECKS U. HEUSINGER 2012, S. 7). Insbesondere die politischen Bemühungen, international verbindliche Sicherheitsstandards für kritische Systemkomponenten von Elektrofahrzeugen anzuwenden, waren erfolgreich (vgl. ALBRECHT U. KRAUSE 2013, S. 5). Neue Technologien, die Gefahrenpotenziale verringern, sind in Elektrofahrzeugen verbaut. Dazu zählt zum Beispiel das induktive Laden der Fahrzeuge (vgl. PWC 2012, S. 62). Durch diese Technologie geschieht das Laden der Fahrzeuge kabellos, wodurch sämtliche das Kabel betreffenden Sicherheitsrisiken entfallen.

4.4.16 Schlüsselfaktor ‚Strompreis‘

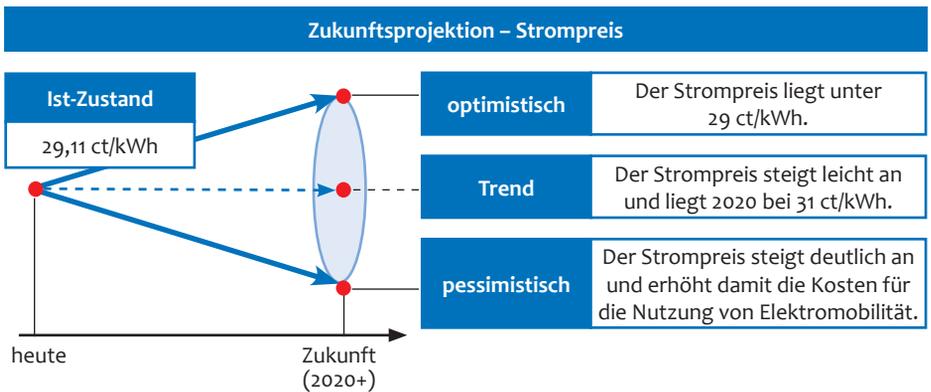


Abbildung 4.4-16: Zukunftsprojektion ‚Strompreis‘ (eigene Darstellung)

Die in Abbildung 4.4-16 dargestellten Ergebnisse werden nachfolgend genauer beschrieben und erläutert. Dazu erfolgt zuerst eine Beschreibung des Ist-Zustands, bevor auf die pessimistische Zukunftsprojektion, die Trendprojektion sowie die optimistische Zukunftsprojektion genauer eingegangen wird.

Ist Zustand: „Der Strompreis liegt bei 29,11 ct/kWh und ist zuletzt nicht gestiegen“

Elektrofahrzeuge werden mit elektrischer Energie betrieben. Daher stellt der Strompreis einen wichtigen Kostentreiber für die Nutzung der Fahrzeuge dar (vgl. ESMT 2011, S. 32). Im Jahr 2015 ist der durchschnittliche Strompreis für Privathaushalte zum ersten Mal seit über zehn Jahren gesunken und lag bei 29,11 ct/kWh (s. BMWi 2015b, S. 67ff.). Dies ist ein Rückgang im Vergleich zum Vorjahr 2014 um 42 ct/kWh (s. BMWi 2015b, S. 69). Diese Entwicklung ist unter anderem auf Preisreduktionen auf den Märkten für Erdöl und Erdgas zurückzuführen (s. BMWi 2015b, S. 69). Im Jahr 2015 betragen die staatlich veranlassten Preisbestandteile 51,3 Prozent vom Strompreis (s. BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN 2016, S. 207). Dazu gehören die Stromsteuer, die Mehrwertsteuer, die Konzessionsabgabe und diverse Umlagen (s. BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN 2016, S. 207).

Pessimistische Projektion: „Der Strompreis steigt deutlich an und erhöht damit die Kosten für die Nutzung von Elektromobilität“

Der Strompreis hängt in hohem Maße von den internationalen Preisentwicklungen von Mineralöl, Erdgas und Steinkohle ab, welche zu einem sehr großen Anteil aus dem Ausland importiert werden (s. BMWi 2015b, S. 71). In der pessimistischen Projektion führen steigende Weltmarktpreise der Energierohstoffe zu einem deutlich steigenden Strompreis. Eine Unabhängigkeit zu den Energierohstoffen, beispielsweise durch einen deutlich gestiegenen Anteil erneuerbarer Energien, konnte nicht geschaffen werden. Verstärkt wird die Entwicklung durch den Trend steigender staatlich veranlasster Preisbestandteile, wie Steuern, Abgaben und Umlagen (s. BMWi 2015b, S. 69). Dieser Trend ist unter anderem auf den notwendigen Netzausbau aufgrund dezentraler Einspeisung von erneuerbaren Energien zurückzuführen (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 132).

Trendprojektion: „Der Strompreis steigt leicht an und liegt 2020 bei 31 ct/kWh“

Gemäß einer Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie zur Entwicklung der Energiemärkte steigt der Strompreis für private Haushalte bis 2025 kontinuierlich um etwa 1,3 Prozent pro Jahr an (s. SCHLESINGER ET AL. 2014, S. 16). Ausgehend vom Ist-Zustand liegt der durchschnittliche Strompreis für private Haushalte 2020 nach dieser Entwicklung bei etwa 31 ct/kWh. Der Anstieg ist durch Umlagen und Abgaben begründet (s. SCHLESINGER ET AL. 2014, S. 16). Über 2020 hinaus wird gemäß der Studie ein weiterer Anstieg bis 2025 und ein von dort an fallender Strompreis erwartet (s. SCHLESINGER ET AL. 2014, S. 16).

Optimistische Projektion: „Der Strompreis liegt unter 29 ct/kWh“

In der optimistischen Projektion wird von einem stagnierenden oder sogar fallenden Strompreis im Vergleich zum Referenzjahr 2015 ausgegangen. Der Betrieb von Elektrofahrzeugen ist somit finanziell sehr attraktiv für die Nutzer. Ein von BERTRAM U. BONGARD durchgeführter Vergleich verschiedener Strompreisentwicklungsszenarien beschreibt diesen Fall als untere Schranke (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 131ff.). Gründe für den niedrigen Strompreis liegen unter anderem an einem hohen Anteil erneuerbarer Energien, einem intelligenten Stromnetz und der Degression der Förderung neuer Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (s. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 133).

4.5 Phase 5: Alternativenbündelung

4.5.1 Methodische Ausgestaltung

Die Konsistenzanalyse bildet den zentralen Schritt der Entwicklung konsistenter Szenarien aus dem zuvor festgelegten System von Voraussetzungen. Sie bündelt die Ergebnisse aus Phase 3 und Phase 4 zu einer Cross-Impact-Matrix. Diese entspricht prinzipiell der Vernetzungsmatrix (s. Kapitel 4.3.5), welche aus der Einflussanalyse (s. Kapitel 2.3.2) hervorgeht, jedoch werden die horizontal und vertikal aufgelisteten Schlüsselfaktoren jeweils durch ihre drei möglichen Zukunftsprojektionen substituiert. Aus dieser Matrix werden nun computergestützt konsistente Szenarien für die Entwicklung der Elektromobilität entwickelt.

Die Funktionsweise dieses Verfahrens entspricht prinzipiell dem der Alternativenbündelung nach REIBNITZ (s. Kapitel 2.3.4). In diesem Kapitel wird die von REIBNITZ genannte Konsistenzmatrix jedoch als Cross-Impact-Matrix bezeichnet und für die Zukunftsprojektionen wird zwischenzeitlich der Begriff *Zustände* verwendet. Die Zustände der Schlüsselfaktoren werden also in einer zweidimensionalen Cross-Impact-Matrix gegenübergestellt, sodass zwei Schlüsselfaktoren mit je drei Bewertungsgruppen ein Bewertungsfeld, bestehend aus neun Bewertungszellen, aufspannen (s. Abbildung 4.5-1). Dabei gelten folgende Abkürzungen (s. WEIMER-JEHLE 2014a, S. 4):

- : pessimistische (negative) Zukunftsprojektion
- o : Trendprojektion (neutral)
- + : optimistische (positive) Zukunftsprojektion

In die Bewertungszellen werden nun manuell Einschätzungen im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeit eingetragen, sodass sich bei Eintreten des jeweils vertikal aufgelisteten Zustands der jeweils horizontal aufgelistete Zustand einstellt. Für diese Einschätzungen bildet in dieser Arbeit eine Skala im Intervall von „-3“ bis „+3“ das Bewertungsschema. Dieses ist mit folgenden Aussagen verbunden (s. WEIMER-JEHLE 2014a, S. 3):

- +3 : sehr wahrscheinlich
- +2 : mittelmäßig wahrscheinlich
- +1 : eher wahrscheinlich
- o : kein Einfluss
- 1 : eher unwahrscheinlich
- 2 : mittelmäßig unwahrscheinlich
- 3 : sehr unwahrscheinlich

Die entstandene Cross-Impact-Matrix kann anschließend durch die Bildung einer Wirkungsbilanz für jeden Schlüsselfaktor ausgewertet werden. Letztere lässt sich in drei Wirkungssummen zu den Zuständen der Schlüsselfaktoren gliedern (s. Abbildung 4.5-1). (vgl. WEIMER-JEHLE 2014a, S. 4)

Um nun ein zufällig ausgewähltes Szenario auf Konsistenz zu überprüfen, werden erstens alle Zeilen markiert, welche zu den für dieses Szenario gewählten Zuständen gehören. Zweitens wird spaltenweise die Wirkungssumme für alle Zustände gebildet, indem die Summe der Einflussbewertungen zu allen markierten Zuständen gebildet wird. Die Wirkungssumme gibt somit an, inwiefern ein Zustand eines Schlüsselfaktors durch die Gesamtheit aller in diesem Szenario auftretenden Zustände der übrigen Schlüsselfaktoren gefördert oder gehemmt wird. Ein konsistentes Szenario zeichnet sich dadurch aus, dass der zu Beginn gewählte Zustand eines Schlüsselfaktors die höchste Wirkungssumme erreicht. Entsprechend den Zellenbewertungen würden die Einflüsse durch andere Schlüsselfaktoren andernfalls zu einem anderen Zustand führen, der dem vorausgesetzten Zustand widerspricht. Im Fall der Konsistenz würden wiederum die Einflüsse auf den vorausgesetzten Zustand hinwirken, wodurch dieser bestätigt wird. (s. WEIMER-JEHLE 2014a, S. 4 f.)

Dieses recht abstrakte Prinzip sei hier an einem selbst gewählten, imaginären und nicht realitätsnahen Beispiel erläutert. Gegeben sei eine von Experten entwickelte Cross-Impact-Matrix, welche im Hinblick auf konsistente Szenarien analysiert werden soll. Dabei beeinflussen sich je drei Zustände der Faktoren A, B und C gegenseitig.

Im ersten zufällig generierten Szenario X (s. Abbildung 4.5-1) werden die Zustände „A: positiv“, „B: positiv“ und „C: positiv“ ausgewählt und auf ihre gesamtheitliche Konsistenz hin untersucht. Falls bereits alle Bewertungszellen mit Werten versehen sind, können dazu Wirkungssummen gebildet werden. Dazu wird zu jedem Zustand die Summe der auf ihn hinwirkenden Einflüsse gebildet. Im Fall der Wirkungssumme für den Zustand „A: negativ“ werden die Zellenbewertungen „-1“ und „-2“ addiert. Die Wirkungssumme von -3 bedeutet nun, dass durch die zuvor gewählten Zustände „B: positiv“ und „C: positiv“ das Eintreten des Zustands „A: negativ“ äußerst unwahrscheinlich ist. Der Fall zeigt, dass sich für die drei zufällig ausgewählten Zustände eine auf diese gerichtete Beeinflussung durch die jeweils anderen Faktoren ergibt. Die gewählten Zustände entsprechen somit den Maxima der Wirkungsbilanz, sodass alle Zustände und damit auch das gesamte Szenario als konsistent zu werten sind. (vgl. WEIMER-JEHLE 2014a, S. 4 ff.)

Ein anderes zufällig generiertes Szenario Y (s. Abbildung 4.5-2) sehen die Zustände „A: positiv“, „B: positiv“ und „C: negativ“ vor. Bei der Bildung der Wirkungssummen zeigt sich, dass der Einfluss der Zustände „A: positiv“ und „B: positiv“ eigentlich zum Zustand „C: positiv“ (Bewertung: 3) führen müsste. Dieser widerspricht jedoch dem vorausgesetzten Zustand „C: negativ“. Sobald ein dementsprechender Widerspruch auftritt, ist das gesamte Szenario als inkonsistent zu werten. (vgl. WEIMER-JEHLE 2014a, S. 4 ff.)

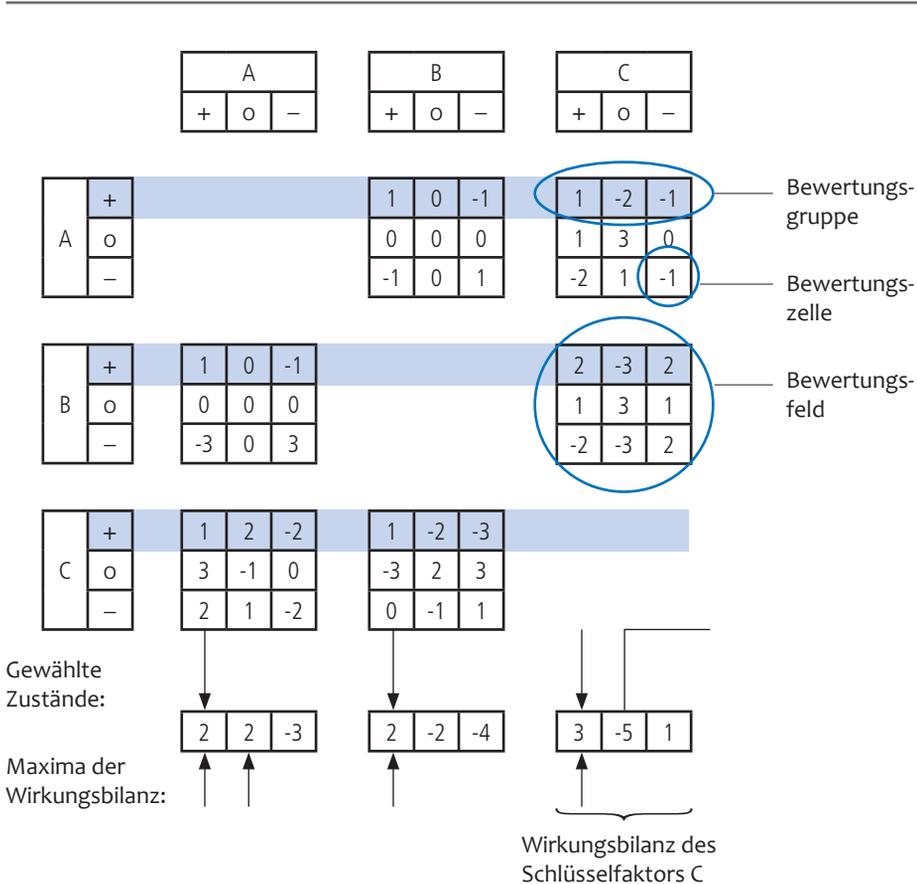


Abbildung 4.5-1: Cross-Impact-Matrix zum konsistenten Szenario X (i. A. a. WEIMER-JEHLE 2014a, S. 4)

Jedes mögliche Szenario wird bei der Konsistenzanalyse darauf überprüft, ob die ausgewählten Zustände auf sich selbst hinwirken. Sofern die Anzahl möglicher Zustände für alle Schlüsselfaktoren gleich ist, lässt sich die Anzahl möglicher Szenarien mithilfe der Formel „nk“ berechnen. Dabei gibt die Variable n die Anzahl der möglichen Zustände eines Schlüsselfaktors an. Die Variable k entspricht der Anzahl der Schlüsselfaktoren. Im genannten Beispiel ist die Anzahl der möglichen Szenarien somit $3^2 = 9$. Mit steigender Anzahl von Schlüsselfaktoren erhöht sich diese Anzahl jedoch exponentiell. Die Anzahl von 43.046.721 Szenarien, welche durch die Wechselwirkung von 16 Schlüsselfaktoren mit je drei zukünftigen Zuständen bzw. Zukunftsprojektionen (s. Kapitel 4.4) potenziell möglich wären, ist eindeutig zu hoch für eine manuelle Analyse jedes einzelnen Szenarios, weshalb dieser Teil der Konsistenzanalyse rechnergestützt durchgeführt wird.

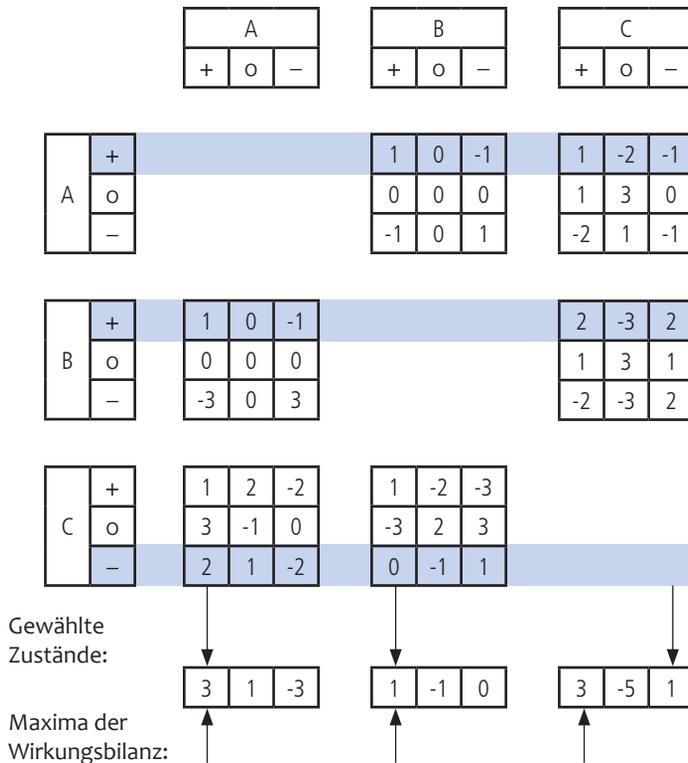


Abbildung 4.5-2: Cross-Impact-Matrix zum inkonsistenten Szenario Y (i. A. a. WEIMER-JEHLE 2014a, S. 4)

Hierfür wird in dieser Arbeit das Programm ScenarioWizard 4.3, ein „Programm zur qualitativen System- und Szenarioanalyse mit der Cross-Impact-Bilanzanalyse (CIB)“ (s. WEIMER-JEHLE 2016, S. 1), verwendet. Dieses entstand parallel zur Entwicklung der CIB-Methode in den Jahren 2001 und 2002 an der „Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg“ (AFTA). Später wurde es im Zuge des „Forschungsschwerpunkts Risiko und Nachhaltige Technikentwicklung“ (ZIRN) der Universität Stuttgart, welcher um 2012 in das „Zentrum für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung“ (ZIRIUS) integriert worden ist, weiterentwickelt. (s. WEIMER-JEHLE 2016, S. 6)

Der Ablauf der Konsistenzanalyse mithilfe des Programms ScenarioWizard gestaltet sich wie folgt: Die identifizierten Schlüsselfaktoren und dazugehörigen Zukunftsprojektionen werden

erstens innerhalb der Programmoberfläche in eine Tabelle eingetragen. Das Programm generiert aus dieser eine Cross-Impact-Matrix. In diese werden nun durch den auch in der Einflussanalyse herangezogenen Expertenkreis Werte für die Einflussstärke eingetragen. In Workshops diskutieren die Experten dazu über die gegenseitigen Einflüsse. (s. WEIMER-JEHLE 2016, S. 9)

Bei der Bewertung der Einflüsse sollten folgende Vorgaben berücksichtigt werden: Die Einordnung der Einflüsse als von den Zeilenfaktoren auf die Spaltenfaktoren wirkend sollte nicht verwechselt werden, da die Cross-Impact-Matrix oft nicht symmetrisch ist. Zweitens sollten nur direkte Einflüsse berücksichtigt werden, da indirekte Einflüsse bereits durch das System erfasst werden und bei Eintragung in die Cross-Impact-Matrix zu verfälschten Ergebnissen führen würden. Die Bewertungszelle eines indirekten Einflusses erhält den Wert 0. Drittens sollte die Summe der Bewertungen in jeder Bewertungsgruppe Null sein, da ein Zustand des Faktors A einen anderen Zustand des Faktors B meist auf Kosten der anderen Zustände des Faktors B fördert. Diese Standardisierung der Urteile ist zwar nicht zwingend erforderlich, würde jedoch die Konsistenz der Szenarien fördern. Ein vierter Fehler ist eine zu häufige neutrale Bewertung mit dem Zahlenwert 0, welche durch einen geringen Informationsgehalt über vorliegende Wechselwirkungen eine Vielzahl an konsistenten Szenarien hervorbringt. Dieser Fehler sollte jedoch bereits bei der Auswahl tatsächlich relevanter Einflussfaktoren als Schlüsselfaktoren vermieden werden. Fünftens sollte die Bewertung der Einflüsse keinesfalls leichtfertig erfolgen, sondern argumentativ gestützt sein. Besonders für die der Intuition widersprechenden Einflüsse sollte daher stichwortartig eine argumentative Begründung der Bewertung schriftlich festgehalten werden. (s. WEIMER-JEHLE 2014b, S. 2 f.)

Den nächsten Schritt bildet die automatische Überprüfung der Konsistenz aller potenziell möglichen Szenarien durch das Programm SzenarioWizard. Dieses trägt nun alle konsistenten Szenarien in ein automatisch generiertes Szenariotableau ein. Für die weitere Auswertung der Szenarien stehen anschließend verschiedene sekundäre Auswertungsfunktionen zur Verfügung. Bei einer zu großen Anzahl konsistenter Szenarien ist beispielsweise die Einbeziehung von Häufigkeiten der Zustände entsprechend der Cross-Impact-Analyse möglich. In dieser Arbeit erfolgt die Auswahl der entwickelten Szenarien aus den konsistenten Szenarien jedoch manuell. Abschließend findet eine Diskussion zu den Auswertungsergebnissen statt, woraufhin ausgewählte Szenarien interpretiert werden können. (s. WEIMER-JEHLE 2016, S. 9)

Die Stärken der Cross-Impact-Bilanzanalyse liegen vor allem in der Transparenz, Präzision, Flexibilität und systemtheoretischen Fundierung des Auswertungsalgorithmus. Genauer werden erstens die Stärken des komplexen menschlichen Denkens und der analytisch-logischen Kompetenz eines Computers kombiniert, um so mit vertretbarem Aufwand ein optimales Ergebnis zu erzielen. Zweitens führt die Bewertung der gegenseitigen Einflüsse oft zu einem tieferen Systemverständnis. Drittens bietet die isolierte Betrachtung der Einflüsse zu einem detaillierten Abbild von Meinungsverschiedenheiten zwischen Experten. Dies

verhindert außerdem ein Verfolgen von „*hidden agendas*“ durch die beteiligten Akteure. Viertens vermeidet speziell die transparente Analyselogik der Cross-Impact-Bilanzanalyse einen nicht nachvollziehbaren Erkenntnisweg entsprechend einer „*black box*“. Dies fördert die Identifikation der Experten mit den Resultaten und erleichtert die Interpretation der Szenarien. Trotz des hohen Aufwands, der mit der Bewertung der Einflüsse einhergeht, und der gegebenenfalls großen Anzahl von konsistenten Szenarien ist die Konsistenzanalyse mithilfe des Programms SzenarioWizard als sehr effektiv sowie effizient einzuordnen (s. WEIMER-JEHLE 2014a, S. 8). Aus diesem Grund wird das Programm in dieser Arbeit angewendet.

4.5.2 Ergebnisse der Alternativenbündelung

Die entwickelte Cross-Impact-Matrix ist in Anhang E dargestellt. Die optimistische Entwicklung, die Trendentwicklung und die pessimistische Entwicklung der Schlüsselfaktoren entspricht den in der oberen Zeile aufgeführten Zahlen 1, 2 und 3.

Nach der Überprüfung der Cross-Impact-Matrix durch das Programm SzenarioWizard im Hinblick auf konsistente Kombinationen der Zukunftsprojektionen werden 23 Szenarien für konsistent befunden. Diese sind in Anhang F dargestellt. Neben einer optimistischen Entwicklung, einer Trendentwicklung und einer pessimistischen Entwicklung aller Schlüsselfaktoren sind viele verschiedene Kombinationen von Entwicklungen konsistent. Dazu mag auch eine große Anzahl von Fällen der Neutralität zwischen zwei Faktoren (Bewertung 0 für alle Bewertungszellen) beigetragen haben.

Aus den konsistenten Szenarien wurden zwei Szenarien ausgewählt, die im Kontext von Dienstleistungen in der Elektromobilität den Szenario-Archetypen nach REIBNITZ entsprechen (s. Kapitel 2.3). Letztere weisen die Eigenschaften der Konsistenz, Stabilität und Unterschiedlichkeit auf. Ein untergeordnetes Auswahlkriterium ist außerdem die Erfüllung der Gütekriterien der Verständlichkeit, der Transparenz, des Grades der Integration, der Rezeptionsqualitäten und der Beteiligten (s. Kapitel 2.3).

Für die weitere Entwicklung wurden die Szenarien 6 und 15 ausgewählt, da sie in Bezug auf Dienstleistungen dem positiven und negativen Extremszenario entsprechen, welche nach REIBNITZ innerhalb der Szenarioanalyse entwickelt werden sollten (s. Kapitel 2.3). Die ganzheitlich betrachtete Entwicklung der Elektromobilität wird als grundsätzlich erfolgreich vorausgesetzt. Szenario 6 umfasst eine optimistische Entwicklung der Faktoren Batteriepreise, Reichweite, Nutzerakzeptanz, Kosten, Ladezeit, Batterietechnologie, Energie- und Klimapolitik, Ölpreis und Strompreis. Außerdem ist eine pessimistische Entwicklung der Faktoren staatliche Förderung, Ladekonzepte, Standardisierung, Ladeinfrastruktur, Alltagstauglichkeit, neue Servicekonzepte und Sicherheit vorgesehen (s. Tabelle 4.5-1). Letztere Faktoren sind vor allem durch Dienstleistungen beschreibbar. Dabei sind sowohl globale Faktoren, wie z. B. die

Standardisierung, als auch lokale Faktoren, wie z. B. Ladekonzepte, betroffen. Szenario 6 geht somit von einer pessimistischen Entwicklung der Dienstleistungen für Elektromobilität und einer optimistischen Entwicklung aller übrigen Faktoren aus.

Im Gegensatz zu Szenario 6 umfasst Szenario 15 eine optimistische Entwicklung von Dienstleistungen und eine pessimistische Entwicklung aller übrigen Faktoren. Die Entwicklungen der Faktoren des Szenarios 15 entsprechen also größtenteils den jeweils gegenteiligen Entwicklungen des Szenarios 6 (s. Tabelle 4.5 1). Ausgenommen sind die Faktoren der Nutzerakzeptanz und der Ladezeit, welche sich in beiden Szenarien positiv entwickeln. Dies ist damit zu begründen, dass beide Faktoren teilweise von Dienstleistungen beeinflusst werden. Zudem leisten sie einen wesentlichen Beitrag zum Erfolg der Elektromobilität, sodass sie nach der Voraussetzung der grundsätzlich positiven Entwicklung der Elektromobilität in beiden Fällen als optimistisch angenommen werden sollten. Tabelle 4.5-1 stellt die Entwicklung der Schlüsselfaktoren für die zwei ausgewählten Szenarien dar, wobei ein „+“ eine optimistische und ein „-“ eine pessimistische Entwicklung des Faktors symbolisiert.

Szenario 6	Einflussfaktor	Szenario 15
+	Batteriepreise	-
+	Reichweite	-
+	Nutzerakzeptanz	+
+	Kosten	-
+	Ladezeit	+
-	staatliche Förderung	+
+	Batterietechnologien	-
+	Energie- und Klimapolitik	-
-	Ladekonzepte	+
-	Standardisierung	+
-	Ladeinfrastruktur	+
-	Alltagstauglichkeit	+
+	Ölpreis	-
-	neue Servicekonzepte	+
-	Sicherheit	+
+	Strompreis	-

Tabelle 4.5 1: Entwicklung der Schlüsselfaktoren in Szenario 6 und 15 (eigene Darstellung)

Die ausgewählten Szenarien erfüllen alle zu den Szenario-Archetypen formulierten Kriterien (s. Kapitel 2.3). Konsistenz und Stabilität sind durch die systemeigenen Voraussetzungen der Cross-Impact-Bilanzanalyse gegeben. Auch intuitiv erscheint eine ähnliche Entwicklung aller Dienstleistungen aufgrund einer möglicherweise ähnlichen Einbindung in den Markt der Elektromobilität sinnvoll. Da die Szenarien von exakt gegenteiligen Entwicklungen ausgehen, ist das Kriterium der Unterschiedlichkeit ebenfalls erfüllt.

Auch die Gütekriterien nach KOSOW U. GAßNER werden durch die Szenarien erfüllt. Verständlichkeit, Transparenz und Rezeptionsqualitäten sind durch die Simplizität der Einteilung in zwei Gruppen von Schlüsselfaktoren, welche sich gegenteilig entwickeln, gegeben. Der Grad der Integration ist hoch, da sowohl gesamtheitliche als auch innerhalb des Themenfeldes der Dienstleistungen soziale, ökonomische und institutionelle Dimensionen berücksichtigt werden. Als Beispiele lassen sich die Faktoren der Alltagstauglichkeit, der neuen Servicekonzepte und der staatlichen Förderung nennen. Die beteiligten Experten wurden intensiv in die Handlungsschritte der Einfluss- und Konsistenzanalyse integriert, sodass auch das Kriterium der Inklusion der beteiligten Akteure erfüllt ist.

Durch die Unterscheidung zwischen optimistischer und pessimistischer Entwicklung von Dienstleistungen lässt die Szenariointerpretation eine besonders effektive Einschätzung der Rolle von Dienstleistungen im Kontext der Elektromobilität zu. Die Szenarien verfolgen jedoch nicht das Ziel, möglichst realitätsnahe Entwicklungsmöglichkeiten aufzuzeigen, sondern dienen als Extremszenarien in Bezug auf Dienstleistungen. Das graduelle Eintreten dieser Szenarien erlaubt in jedem Fall eine ebenso graduelle Integration in die Leitstrategie eines Unternehmens, sodass dessen Handlungsfähigkeit für alle alternativen Entwicklungen gewährleistet ist. Die ausgewählten Szenarien werden im nächsten Handlungsschritt interpretiert, um das Gesamtsystem der Schlüsselfaktoren auf vernetzte Weise darzustellen.

4.6 Phase 6: Szenariointerpretation

Die Alternativenbündelung (Phase 5) hat konsistente Kombinationen von verschiedenen, in Phase 4 festgelegten Entwicklungen der in Phase 3 identifizierten Schlüsselfaktoren hervorgebracht. Die Szenariointerpretation umfasst nun die Deutung und Ausgestaltung dieser als zusammenhängende Szenarien. Die möglichen Entwicklungen der Einflussfaktoren wurden zuvor als Zukunftsprojektionen genau definiert, sodass die grundsätzliche Ausrichtung der Szenarien durch die Szenariointerpretation nicht verändert werden kann.

Der Mehrwert einer Szenariointerpretation besteht erstens in der Veranschaulichung der Vernetzung der Einflussfaktoren. Dabei können vor allem diejenigen Wechselwirkungen, welche Eingang in die Vernetzungsmatrix gefunden haben, einbezogen werden. So ist eine nachträgliche, intuitive Überprüfung der Szenariokonsistenz möglich. Zweitens kann durch die Szenariointerpretation das jeweilige Szenario bewertet und mit der aktuellen Situation verglichen werden. Somit werden die Szenarien nicht nur sachlogisch, sondern auch chronologisch auf intuitive Weise erschlossen. Drittens fördern die qualitativen Erläuterungen der Szenarioanalyse die Verständlichkeit der Szenarien. Außerdem tragen sie möglicherweise zu einer größeren Faszinationskraft bzw. höheren Rezeptionsqualitäten (s. Kapitel 2.3) der Szenarien bei, sodass eine Identifizierung mit dem jeweiligen Szenario erleichtert wird. Dazu kann auch eine Konkretisierung der Entwicklung der Einflussfaktoren beitragen. Alltagsnahe Beispiele führen zu einer größeren Realitätsnähe und einem geringeren Abstraktionsgrad.

In dieser Arbeit werden zwei Szenarien für die Szenariointerpretation ausgewählt (s. Kapitel 4.5). Diese sind besonders wahrscheinlich und für diesen Kontext relevant. Für beide Szenarien werden in drei Abschnitten die Entwicklung der Faktoren, die in keinem direkten Zusammenhang mit Dienstleistungen stehen, die Auswirkungen dieser auf die Nutzerakzeptanz und die Entwicklung des Dienstleistungsangebots beschrieben. Die inhaltliche Gestaltung orientiert sich an dem oben erläuterten Mehrwert der Szenariointerpretation.

Die ausgewählten Szenarien beschreiben gegensätzliche Entwicklungen von Dienstleistungen in der Elektromobilität bis 2020+. Während im ersten Szenario herausragende technologische Fortschritte die Elektromobilität voranbringen, sind es im zweiten Szenario neue, innovative Dienstleistungen, welche der Elektromobilität zum Durchbruch verhelfen. Beide Szenarien sind Erfolgsszenarien, in welchen die Nutzerakzeptanz hoch liegt.

4.6.1 Szenario 6: Durchbruch ohne Dienstleistungen

Szenario 6 beschreibt eine Zukunft, in der Elektromobilität von Nutzern akzeptiert wird und alltagstauglich ist, das Angebot neuer, innovativer Dienstleistungen jedoch gering ist. Die Erläuterungen in der Zeitform des Präsens sind aus der Perspektive des Zeithorizonts

2020+ zu verstehen. Die angegebenen Zahlenwerte wurden im Rahmen der Entwicklung von Zukunftsprojektionen (Phase 4) recherchiert.

1. Ausgezeichnete technologische Entwicklung und Kostenneutralität gegenüber konventionellen Fahrzeugen

Die Entwicklung der Elektromobilität in den letzten Jahren war aus technologischer Sicht ausgezeichnet. Die Batterietechnologie hat sich deutlich verbessert, sodass aktuell Energiedichten von 250 Wh/kg üblich sind. Dies entspricht einer Steigerung von etwa 60 Prozent im Vergleich zum Jahr 2016. Dabei sind wichtige Eigenschaften wie eine hohe Anzahl von möglichen Ladezyklen und Recycelbarkeit gegeben. Weiterhin hat sich die Ladezeit deutlich verkürzt. Der Akkumulator eines Elektrofahrzeugs lässt sich in 10 Minuten zu 80 Prozent aufladen. Die für den Nutzer wohl relevanteste Entwicklung ist die Steigerung der Reichweite der Elektrofahrzeuge, wodurch auch längere Strecken problemlos zurückgelegt werden können. Somit sind hohe Reichweiten nicht mehr bloß den Premiumfahrzeugen vorbehalten. Eine weitere bezeichnende Entwicklung ist die Kostenreduktion der Elektromobilität. Mittlerweile besteht im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen Kostengleichheit im Hinblick auf die Lebenszykluskosten. Dies ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen: Erstens haben sich erhebliche Kosteneinsparungen durch Automatisierungsprozesse und die Fertigung in höheren Stückzahlen eingestellt. Zweitens senken optimierte Test- und Prüfverfahren die Kosten. Drittens sind die Batteriepreise, die einen entscheidenden Anteil der Kosten von Elektrofahrzeugen ausmachen, deutlich zurückgegangen und betragen lediglich 150 Euro/kWh. Die damit verbundenen Einsparungen sind erheblich. Ein weiterer Grund für die vorteilhafte Kostensituation besteht in der Entwicklung der Energiepreise. Der Ölpreis beträgt nun 120 Dollar pro Barrel und ist damit stark gestiegen, wodurch die Kosten für die Nutzung konventioneller Fahrzeuge steigen. Der Strompreis ist hingegen gesunken und liegt bei nur 29 Cent/kWh. Dies kann zum einen auf eine steigende Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern zurückgeführt werden. Zum anderen kann die Energie durch ein intelligenter werdendes Stromnetz effizienter verteilt werden.

Eine weitere positive Entwicklung besteht im Erreichen der Klimaschutzziele der Bundesregierung. So wurde im Jahr 2014 das Ziel der Reduktion von Treibhausgasemissionen um mindestens 40 Prozent bis 2020 gegenüber dem Jahr 1990 vereinbart. Durch zusätzlich beschlossene Maßnahmen – mit dem Ziel, die CO₂-Emissionen zu verringern – konnten die von der Politik gesetzten Ziele für 2020 entgegen vielen Erwartungen doch noch erreicht werden. Die zunehmende Elektrifizierung des Personenverkehrs sowie eine Reform des Emissionshandels, der Ausbau erneuerbarer Energien und die Weiterentwicklung von Kraft-Wärmekopplung haben wesentlich zur Erreichung der Ziele beigetragen. Dabei ist die Elektromobilität gegenüber der Nutzung konventioneller Fahrzeuge für den Nutzer attraktiver geworden, beispielsweise wegen der Einführung einer CO₂-basierten Kfz-Steuer.

2. Negative Entwicklung des Dienstleistungsangebots und anderer Schlüsselfaktoren

Die Tatsache, dass sich andere Schlüsselfaktoren negativ entwickelt haben, kann der hohen Akzeptanz nicht schaden. So konnten keine Durchbrüche hinsichtlich der Ladekonzepte vollzogen werden. Das konduktive Laden, bei dem ein Kabel verwendet wird, ist nach wie vor üblich, da induktives Laden aufgrund ausbleibender Fortschritte in der Forschung und zu hoher Kosten nicht etabliert werden konnte. Weiterhin hätte der Ausbau der Ladeinfrastruktur weitreichender sein können und liegt mit 25.000 Ladepunkten hinter dem Niveau, welches von vielen Experten prognostiziert wurde. Auch die Standardisierung verläuft schleppend und konnte bisher nicht branchenübergreifend und international verbindlich vollzogen werden. Die Einbeziehung verschiedener Branchen und damit einhergehende Interessenvielfalt bremsst viele Normungsvorhaben. Zusätzlich gehen staatliche Förderungen des Kaufs und der Nutzung von Elektrofahrzeugen zurück. Jedoch wird die Nutzerakzeptanz von diesen negativen Entwicklungen kaum beeinträchtigt, da die Kosten und die technologischen Faktoren einen wesentlich größeren Einfluss auf dieselbe ausüben. Deren positive Entwicklung überwiegt den negativen Verlauf anderer Faktoren.

3. Technologie und Kosten sind die wesentlichen Triebkräfte der Elektromobilität

Die dargestellte ausgezeichnete Entwicklung technologischer Faktoren sowie die deutliche Kostenreduktion für die Nutzung der Elektromobilität haben einen hohen Einfluss auf den Nutzer. Die Integration der Fahrzeuge in den Alltag ist einfach und komfortabel, beispielsweise durch die Überwindung des Reichweitenproblems. Dadurch ist der Planungsaufwand für die Nutzung auf demselben Niveau wie der für die Nutzung konventioneller Fahrzeuge. So bedarf es aufgrund der hohen Reichweite und der schnellen Ladezeit keiner aufwendigen Tourenplanung aufgrund zu weniger Ladesäulen oder der Einplanung von zusätzlichen Wartezeiten wegen langer Ladevorgänge. Durch diesen Umstand in Kombination mit den geringen Kosten und einem gesteigerten Umweltbewusstsein in der Bevölkerung ist die Nutzerakzeptanz von Elektromobilität sehr hoch.

Das Ausbleiben einer positiven Entwicklung des Dienstleistungsangebots verringert die Nutzerakzeptanz nicht. Da die Technologie große Fortschritte gemacht hat und die Kosten dafür stark gesunken sind, sind die Nutzer nicht zwangsweise auf innovative Dienstleistungen angewiesen. Dienstleistungen, bezogen auf neue Nutzungskonzepte gemäß dem Prinzip „Nutzen statt besitzen“, stehen beispielsweise aufgrund der attraktiven Kaufsituation nicht im Vordergrund. Das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung ist folglich trotz der hohen Zahl an Elektrofahrzeugen traditionell. Demnach entscheiden sich Nutzer für den Kauf eines Elektroautos und nutzen dieses hauptsächlich selbst.

Dieses Extremszenario geht von einem Erfolg der Elektromobilität durch die Beseitigung technologischer Defizite gegenüber den Benzin- und Dieselfahrzeugen aus. Dienstleistungen, welche technologische Mängel kompensieren oder einen zusätzlichen Mehrwert bieten könnten, werden dabei nicht benötigt, da eine hohe Nutzerakzeptanz für das Elektrofahrzeug allein durch den technologischen Fortschritt gewährleistet werden kann.

4.6.2 Szenario 15: Dienstleistungen ermöglichen Durchbruch*

Dieses Szenario beschreibt eine Zukunft, in der Dienstleistungen der Elektromobilität zum Durchbruch verhelfen. Die Erläuterungen in der Zeitform des Präsens sind aus der Perspektive des Zeithorizonts 2020+ zu verstehen. Die angegebenen Zahlenwerte wurden im Rahmen der Entwicklung von Zukunftsprojektionen (Phase 4) recherchiert.

1. Technologische Schlüsselfaktoren entwickeln sich negativ

Die Elektromobilität hat sich aus technologischer Sicht schlechter entwickelt als erhofft. Die Reichweite der Elektrofahrzeuge ist mit durchschnittlichen 240 km noch immer gering. Dies resultiert hauptsächlich aus der geringen Steigerung der Energiedichte der Batterien, welche heute bei 190 Wh/kg liegt. Ausbleibende technologische Errungenschaften bei der Erforschung neuer Batterietechnologien haben die Hoffnung vieler Akteure nicht bestätigt. So befinden sich wichtige Nachfolgetechnologien der Lithium-Ionen-Technik, wie zum Beispiel Lithium-Schwefel- oder Lithium-Feststoff-Batterien, noch immer im Entwicklungsstadium.

Die Kosten der Elektrofahrzeuge liegen auf einem sehr hohen Niveau gegenüber konventionellen Fahrzeugen und sind über den gesamten Lebenszyklus etwa 6.000 € höher (s. HACKER ET AL. 2015, S. 50). Der Grund dafür liegt zum einen in der Stagnation der Batteriepreise, welche mit 275 Euro/kWh hoch und seit 2016 unverändert sind. Dieser Umstand ist im Wesentlichen der ungünstigen Entwicklung der Batterietechnologie zuzuschreiben. Weiterhin ist das Verhältnis von Öl- und Strompreisentwicklung kontraproduktiv für eine positive Entwicklung der Elektromobilität. Während der Ölpreis mit 50 Dollar pro Barrel günstig ist und somit konventionelle Mobilität attraktiv macht, ist der Strompreis in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen. Dies resultiert aus den hohen Kosten des Atomausstiegs und der Einbindung erneuerbarer Energien in das Stromnetz. Die Energie- und Klimapolitik konnte die für das Jahr 2020 gesetzten Klimaziele zur Reduktion der Treibhausgasemission nicht erreichen. Wichtige Maßnahmen, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren, sind nicht wie geplant umgesetzt worden.

* Szenario 15 wurde im Rahmen des Projekts als Video dargestellt. Dieses ist unter <https://www.youtube.com/watch?v=gWnrxWQoeRM&t=5s> einzusehen.

2. Schlüsselfaktoren mit Dienstleistungsbezug entwickeln sich positiv

Die Ladeinfrastruktur konnte in den letzten Jahren auf 150.000 Ladepunkte erhöht werden (2014 noch 4.900 Ladesäulen). Elektrofahrzeuge sind dabei über die Ladepunkte in ein intelligentes Stromnetz eingebunden, das sogenannte Smart Grid. Zudem reduziert die hohe Ladeleistung die Ladezeit deutlich. Diese liegt durchschnittlich bei bloß noch 10 Minuten. Der Ladekomfort hat sich weiterhin erhöht, da immer häufiger induktive Ladekonzepte Anwendung finden. Die Kosten dieser Technologie sind deutlich zurückgegangen, wodurch sich deren Einsatz immer weiter verbreitet. Neben dem Fortschritt bezüglich des Ladens von Elektrofahrzeugen hat weiterhin eine tiefgreifende Standardisierung stattgefunden. In allen wesentlichen Bereichen der Elektromobilität konnten gemäß der Normungs-Roadmap der NPE über Branchengrenzen hinweg international verbindliche Standards definiert werden. Große Fortschritte sind bei der einheitlichen, drahtlosen Authentifizierung der Elektrofahrzeuge erzielt worden. Diese kann sich beispielsweise wie folgt gestalten: Der Nutzer erhält, nachdem er das Elektrofahrzeug geparkt hat, lediglich eine Anfrage auf seinem Smartphone, ob das Fahrzeug geladen werden soll und die Nachricht, dass die Parkgebühr von seinem hinterlegten Konto abgebucht wird. Über induktive Ladespulen im Boden wird die Batterie anschließend geladen. Die neuen Standards ermöglichen in diesem Beispiel nicht nur die einfache Bezahlung, sondern gewährleisten auch eine Anbieterunabhängigkeit, da die Marktakteure sich auf einheitliche Datenschnittstellen einigen konnten. Außerdem hat sich die Normung äußerst positiv auf die Sicherheit der Elektrofahrzeuge ausgewirkt. Für kritische Systemkomponenten konnten somit Gefahrenpotenziale verringert werden. Ein zusätzlicher positiver Einfluss auf die Nutzerakzeptanz besteht durch staatliche Anreizmaßnahmen. Mit dem Ziel, die Elektromobilität voranzubringen, hat die Regierung Förderungen sowohl bezüglich des Kaufs als auch bezüglich der Nutzung umgesetzt.

Die dargelegten positiven Entwicklungen suggerieren teilweise eine positive Entwicklung der Elektromobilität. Jedoch sind die negativen Entwicklungen wesentlicher technologischer Schlüsselfaktoren schwerwiegend und deren negativer Einfluss auf die Alltagstauglichkeit und Nutzerakzeptanz hoch. Weshalb wird die Elektromobilität dennoch von der breiten Masse angenommen?

3. Neue innovative Dienstleistungen sind die wesentliche Triebkraft der Elektromobilität

Entgegen der negativen Entwicklung der zuvor genannten, wesentlichen Schlüsselfaktoren erreicht die Nutzerakzeptanz ein hohes Maß. Teilweise wird dies durch die gesamtheitlich erfolgreiche Entwicklung des Ladens von Elektrofahrzeugen begründet. Die zentrale Ursache für eine positive Entwicklung der Elektromobilität liegt jedoch im Angebot zahlreicher intelligenter Dienstleistungen, welche die hohen Kundenanforderungen bedienen. So fordern die Kunden beispielsweise, dass Restriktionen neuer Technologien, wie zum Beispiel geringe

Reichweite, ihre Mobilität nicht einschränken, und sie sind zudem nicht bereit, höhere Kosten als bei konventionellen Fahrzeugen in Kauf zu nehmen. Diverse Akteure des Marktes haben sich zu diesem Zweck in den vergangenen Jahren branchenübergreifend vernetzt und sind Kooperationen eingegangen. So bestehen beispielsweise Kooperationen zwischen Fahrzeugherstellern und Energieversorgungsunternehmen, um einen Eintritt in den jeweils anderen Markt zu erlangen und sich so nahe des Kunden zu positionieren. Ein wesentlicher Wegbereiter stellt dazu die Standardisierung auf digitaler Ebene dar. Klar definierte Datenschnittstellen und Übertragungsprotokolle ermöglichen den Datentransfer, welcher die Basis der neuen, intelligenten Dienstleistungen bildet. So werden durch die Integration der Elektrofahrzeuge in ein digitalisiertes Stromnetz zahlreiche neue Dienstleistungskonzepte über Branchengrenzen hinweg ermöglicht. So kann beispielsweise die Batterie des Fahrzeugs als Netzpuffer dienen und bei Bedarf teilweise entladen werden, um Bedarfsspitzen im Stromnetz auszugleichen. Für Netzbetreiber hat dieses Anwendungsfeld eine sehr positive Auswirkung auf die Stabilisierung des Stromnetzes. Finanzielle Anreizsysteme des Energieversorgers, welche in Abrechnungssysteme des Strombezugs integriert werden können, sorgen für eine hohe Attraktivität für den Kunden und stellen ein gänzlich neues Geschäftsmodell dar. Der Energieversorger erzielt somit eine höhere Interaktion mit dem Nutzer und kann dadurch mehr über sein Mobilitätsverhalten in Erfahrung bringen. Diese Erfahrungen ermöglichen wiederum das Angebot weiterer nutzerfokussierender Dienstleistungen.

Durch die Vernetzung der Akteure sowie das hohe Maß an Standardisierung und an digitalen Technologien werden Nutzern auf Serviceplattformen interoperable Mobilitätsdienstleistungen rund um die Elektromobilität angeboten. Auf diesen Serviceplattformen können verschiedene Marktakteure agieren und gemeinsame oder komplementäre Dienstleistungen anbieten. Um die Charakteristik einer Plattform zu verdeutlichen, wird erneut das Beispiel der kontaktlosen Authentifizierung eines Fahrzeugs auf einem Parkplatz herangezogen. Die Marktakteure – hier Parkhausbetreiber, Energieversorger, Telekommunikationsanbieter, Finanzdienstleister und Informations- und Kommunikationsunternehmen – interagieren und haben sich auf einer Serviceplattform vernetzt. Sie können daraus resultierend gemeinsam Dienstleistungen bezüglich des Parkens anbieten. Dadurch hat sich für den Nutzer der Zugang zur Elektromobilität stark vereinfacht. Er kann seine Mobilität heute höchst flexibel und komfortabel gestalten. Er ist sowohl bei der Wahl des Mobilitätsanbieters als auch bei der Wahl des Energielieferanten nicht mehr durch lange Vertragslaufzeiten gebunden. Die traditionellen Geschäftsmodelle von Anbietern konventioneller Mobilität, wie zum Beispiel Fahrzeughersteller oder ÖPNV-Anbieter, wurden durch diesen Wandel zunächst bedroht. Jedoch nutzten sie die Veränderung als Chance und konnten sich durch das Angebot flexibler Dienstleistungen hinsichtlich der vernetzten und intermodalen Mobilität neu positionieren. Ein Beispiel aus dem Jahr 2016 zeigt einen solchen Fall. So können Nutzer in Stuttgart mit dem VVS-Mobilpass sowohl den öffentlichen Nahverkehr als auch das Angebot der Carsharing-Anbieter Flinkster und Car2Go sowie Call a Bike nutzen. Dadurch kann der Nutzer flexibel zwischen den Verkehrsmitteln wechseln und zu jeder Zeit die

für ihn passende Kombination wählen. Intermodale Konzepte dieser Art werden mittlerweile sehr häufig angeboten. Intermodalität kann insbesondere auch durch autonom fahrende Elektroautos begünstigt werden, welche selbständig zu einer Ladestation fahren können. So lassen sich technologische Defizite bezüglich der Reichweite oder der Ladezeit ausgleichen.

Der Tagesablauf eines Nutzers von Elektromobilität könnte sich entsprechend diesem Szenario wie folgt gestalten: Mit einer Handy-Applikation bestellt der Nutzer morgens ein autonom und elektrisch fahrendes Taxi für den Weg zur Arbeitsstelle. Dort angekommen, fährt das Fahrzeug automatisch zur nächstgelegenen Ladestation. Gegen Ende des Arbeitstages erhält der Nutzer ein besonders günstiges Angebot für eine Fahrt zu einem der umliegenden Restaurants auf seinem Smartphone. Während der erneut autonomen Fahrt erscheint personalisierte Werbung im Innenraum des Fahrzeugs, welche den günstigen Preis der Fahrt erst ermöglicht. Das Restaurant liegt in der Nähe der Autobahn, dennoch ist es aufgrund der Geräuscharmheit der Elektrofahrzeuge möglich, in einem Außenbereich zu sitzen. Nach dem Restaurantbesuch wählt der Nutzer ein Pedelec für die Fahrt nach Hause, welches er an einer öffentlichen Station bucht. Über das Handy wird die schnellste Strecke auf einer speziell für Pedelecs eingerichteten Fahrtstrecke angezeigt. Wegen eines während der Fahrt aufkommenden Gewitters wechselt der Nutzer zur Straßenbahn. Die Fahrtkosten für das Pedelec, welches er an der Straßenbahnstation abgibt, sind der unerwartet kürzeren Fahrtstrecke angepasst. Zuhause angekommen, sind alle Buchungsvorgänge abgeschlossen und der Nutzer überprüft den Kontostand seiner Mobilitätspunkte, mit welchen er alle Mobilitätsdienstleistungen bezahlen kann. Das Bezahlungs- und Buchungssystem ist standardisiert, verschiedene Plattformen tauschen Informationen zur Optimierung der Intermodalität aus und freier Wettbewerb bestimmt die Kosten für Mobilität.

Das Angebot neuer, datengetriebener Dienstleistungen, welche den Kundennutzen in den Fokus rücken, hat das Mobilitätsverständnis und -verhalten der Nutzer entscheidend verändert. Selbst signifikante technologische und finanzielle Schwächen werden dadurch unbedeutend und hemmen die Nutzerakzeptanz nicht. Dienstleistungen sind somit der hauptsächliche Grund, weshalb die Nutzerakzeptanz ein so hohes Maß erreicht. Die Zahl der Elektrofahrzeuge konnte mithin bedeutsam gesteigert werden. Neue Servicekonzepte haben sich zum wesentlichen Treiber der Elektromobilität entwickelt.

4.7 Phase 7: Konsequenzanalyse

Die Konsequenzanalyse dient der Ableitung von Chancen und Risiken der Szenarien für die Akteure der Elektromobilität. Auf der Grundlage dieser Evaluierung erfolgt anschließend die Festlegung von Maßnahmen bzw. Aktivitäten für die Anwender. (s. REIBNITZ 1992, S. 56) Da nur schwerlich unternehmensspezifische Aussagen getroffen werden können, werden diese Handlungsschritte jeweils auf die deutschen Branchen der Automobilhersteller (Kapitel 4.7.1), der Energieversorger (Kapitel 4.7.2) und der Dienstleistungsunternehmen (Kapitel 4.7.3) bezogen. Bei der Entwicklung von Chancen und Risiken sowie Handlungsempfehlungen werden jeweils eine allgemeine und zwei szenariospezifische Perspektiven angewendet. Alle Perspektiven gehen vom Erfolg der Elektromobilität aus.

Inhaltlich wird ein Schwerpunkt auf operative Aktivitäten gelegt. Empfehlungen zur technischen Optimierung von Elektrofahrzeugen sind leicht aus der Ausprägung der technologischen Schlüsselfaktoren im jeweiligen Szenario ersichtlich und werden hier nicht behandelt. Die Ausprägungen der übrigen Schlüsselfaktoren werden dahingehend in dieses Kapitel integriert, sodass positive Entwicklungen einzelner Schlüsselfaktoren optimal genutzt werden können und negativen Entwicklungen – wenn gewünscht – effizient entgegengewirkt werden kann. Dabei wird jedoch nicht das Allgemeinwohl, sondern der Erfolg der jeweiligen Branche als Maxime für die Bewertung von Handlungsempfehlungen betrachtet.

Im Allgemeinen lässt sich ein starkes globales Marktwachstum im Individualverkehr verzeichnen, sowohl bei Benzin- und Dieselfahrzeugen als auch bei Elektrofahrzeugen. (vgl. BERTRAM U. BONGARD 2014, S. 11ff.) Dies stellt eine Chance für alle Akteure der Elektromobilität dar. Beispielsweise prognostiziert das Wirtschaftsprüfungsunternehmen PRICEWATERHOUSECOOPERS (PWC) eine fast vierzigprozentige Steigerung der globalen Produktionsvolumina deutscher Automobilhersteller von 2014 bis 2020 (s. PWC 2014, S. 7). Insbesondere die USA und China stellen in diesem Zusammenhang wichtige Zukunftsmärkte dar. Für diese Länder wird ein Wachstum der Produktionsvolumina um 71,8 Prozent (USA) bzw. 54,4 Prozent (China) prognostiziert (s. PWC 2014, S. 7). Eine Erweiterung der Investitionen und Forschungsbemühungen der verschiedenen Akteure ist somit im Allgemeinen zu empfehlen.

4.7.1 Automobilhersteller

Aktueller Stand

Die größten deutschen Automobilhersteller sind Volkswagen, Daimler und BMW. Bei diesen handelt es sich um Großkonzerne, die ihre Produkte weltweit vertreiben und über eine hohe Mitarbeiteranzahl sowie ein globales Vertriebs-, Service- und Produktionsnetzwerk verfügen. Die deutsche Automobilindustrie ist bereits mit eigenen Fahrzeugmodellen und

Dienstleistungen im Bereich der Elektromobilität aktiv geworden und verfolgt das Ziel, die Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit des Gesamtkonzepts Elektromobilität zu steigern. Aktuell sind mehr als 30 deutsche Fahrzeugmodelle auf dem Markt verfügbar, welche – abgesehen vom unteren Preissegment – nahezu alle Fahrzeugklassen abdecken. Die Quantität des Angebots ist somit vermeintlich ausreichend, um erste Markterfolge zu erzielen. Auch in technologischer Hinsicht werden aktuell Fortschritte erzielt. So konnte beispielsweise die durchschnittliche Reichweite in den letzten Jahren von 150 km (2011) auf 240 km (2015) gesteigert werden. (vgl. HORVARTH & PARTNERS 2016) Dennoch umfasste der vom Kraftfahrt-Bundesamt veröffentlichte Fahrzeugbestand am 01.01.2017 lediglich 34.022 batteriebetriebene Fahrzeuge (BEV) und 165.405 Hybridfahrzeuge. (s. KRAFTFAHRT-BUNDESAMT 2017) Welche Maßnahmen müssen also von den Automobilherstellern ergriffen werden, um den Markthochlauf von Elektrofahrzeugen zu ermöglichen?

Chancen und Risiken

Im Allgemeinen stellt die Abhängigkeit von Automobilzulieferern durch einen Verlust der technologischen Vorreiterrolle ein wesentliches Risiko für Automobilhersteller dar. Der Technologievorsprung der Automobilhersteller ist im Bereich der Elektromobilität zu klein, um eine signifikante Markteintrittsbarriere darzustellen. Viele auf Komponenten für Elektrofahrzeuge spezialisierte Unternehmen könnten deshalb ihrerseits einen Technologievorsprung erreichen und deutsche Automobilhersteller dadurch in eine Situation der Abhängigkeit bringen, da Fahrzeugmodule von Konkurrenten zugekauft werden müssten. Der Automobilzulieferer Bosch stellt beispielsweise bereits wichtige Fahrzeugkomponenten für Hybridfahrzeuge der Marken Porsche, Mercedes oder BMW zur Verfügung. Das Unternehmen könnte seinen Anteil an der Produktion von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Benzin- oder Dieselfahrzeugen potenziell wesentlich erhöhen. So liefert Bosch in einem Joint-Venture mit Samsung SDI die Batteriezellen für die oben genannten Modelle, welche einen großen Anteil am Handelspreis von Elektrofahrzeugen aufweisen. Theoretisch sei man in der Lage, den gesamten elektrischen Antrieb darzustellen. (s. FLAIG 2010)

Nach Szenario 6 führt der technologische Fortschritt, insbesondere im Bereich der Batterie-technologie, zum Erfolg der Elektromobilität. Dienstleistungen spielen eine eher untergeordnete Rolle. Somit ergeben sich für Automobilhersteller in operativer Hinsicht keine wesentlichen Veränderungen.

Eine Chance ergibt sich beispielsweise aus der Senkung des Einzelpreises von Elektrofahrzeugen durch sinkende Batteriepreise. Diese Kosteneinsparung ermöglicht beispielsweise niedrigere Fahrzeugpreise oder höhere Investitionen in Forschung und Entwicklung. Dem stehen die folgenden Risiken gegenüber: Da keine umfassende Standardisierung der Schnittstellen stattgefunden hat, entsteht ein hoher Aufwand für die Automobilhersteller bei der Etablierung einer

anbieterübergreifenden Kundenschnittstelle für Ladestationen. Die Beschränkung der für den Nutzer verfügbaren Ladestationen würde andernfalls eine ernstzunehmende Gefahr für den Erfolg der Elektromobilität darstellen. Aufgrund der geringen Anzahl von Kooperationen entwickeln die Hersteller viele der für das eigene Mobilitätsangebot erforderlichen Komponenten selbst. Dies führt zu einem hohen Entwicklungsaufwand und möglicherweise inkompatiblen Lösungen, wodurch die Nutzerakzeptanz beeinträchtigt werden könnte. Obwohl die Hersteller parallel zueinander ähnliche Entwicklungsschwerpunkte verfolgen, können Synergieeffekte kaum genutzt werden.

Nach Szenario 15 ermöglichen Dienstleistungen den Durchbruch der Elektromobilität. Der technologische Fortschritt in Bezug auf Elektrofahrzeuge bleibt hingegen zurück. Dieses Szenario geht mit verschiedenen Chancen und Risiken für deutsche Automobilhersteller einher.

Eine zentrale Chance dieses Szenarios stellt die Verwertung von Nutzungsdaten dar, welche durch eine zunehmende Digitalisierung des Automobils ermöglicht wird. Unter der Bedingung, dass eine Zustimmung des Besitzers erfolgt ist, können beispielsweise Daten zum Fahrverhalten, zu Ladevorgängen, zu Verschleißzuständen oder zum Energieverbrauch erhoben werden (vgl. STRELOW U. WUSSMANN 2016, S. 14 ff.). Durch diese lässt sich eine solide Grundlage schaffen, um neue, insbesondere digitale, Geschäftsmodelle zu entwickeln. Die Audi AG plant beispielsweise, dass im Jahr 2020 Digitalgeschäfte die Hälfte des Umsatzes ausmachen sollen (s. PANKOW 2016).

Im Rahmen des Szenarios 15 entsteht für Automobilhersteller das Risiko der Abhängigkeit von IKT-Unternehmen. Diese verfügen über eine tiefgehende Expertise im Bereich digitaler Geschäftsmodelle und Dienstleistungen, welche es ihnen ermöglicht, einen „Touchpoint“ mit dem Kunden herzustellen (s. KALUZA U. OSTENDORF 2002, S. 14). Es ist denkbar, dass das Elektrofahrzeug in Zukunft lediglich eine vergleichsweise bedeutungslose Komponente eines von Dienstleistungsunternehmen angebotenen digitalen Gesamtkonzepts bildet und Automobilhersteller somit in die Rolle des Zulieferers gedrängt werden. Ein weiteres Risiko ist, dass durch eine intelligente Vernetzung von Fahrzeugen eine äußerst effiziente Nutzung ebenjener ermöglicht wird und somit insgesamt weniger Fahrzeuge benötigt werden. Folglich sinkt der Fahrzeugabsatz.

Auch aus dem sich wandelnden Mobilitätsverständnis der Bevölkerung erwachsen wesentliche Risiken für die Automobilhersteller. Durch die intensive Nutzung von Carsharing besitzen immer weniger Verbraucher ein eigenes Fahrzeug. In der Folge wird – im Sinne des Grundsatzes „Nutzen statt besitzen“ – das Automobil nicht mehr als Statussymbol, sondern lediglich als Fortbewegungsmittel im Rahmen von neuartigen Mobilitätskonzepten wahrgenommen (s. KALUZA U. OSTENDORF 2002, S. 15). Dies führt dazu, dass ein sportliches und performantes Image von Fahrzeugen keinen Kaufgrund mehr darstellt. Im Zusammenhang damit steht

das Risiko für Automobilhersteller, dass die Leistungsmerkmale der Fahrzeuge nicht den Kundenanforderungen entsprechen. Die Erfahrungen, die deutsche Automobilhersteller durch den Vertrieb von Elektrofahrzeugen aus dem Premiumsegment in der Vergangenheit sammeln konnten, lassen sich nicht unbedingt auf das für den Massenmarkt wesentliche Niedrigpreissegment übertragen. Es besteht die Gefahr eines „Performance-Oversupply“.

Zuletzt besteht ein Risiko in den asynchronen Entwicklungszyklen von Automobilherstellern und IKT-Unternehmen. Der Entwicklungszyklus eines Fahrzeugs dauert durchschnittlich 48 Monate, also deutlich länger als beispielsweise der eines Smartphones oder einer Dienstleistungsplattform (s. KALUZA U. OSTENDORF 2002, S. 15). Die Kunden erwarten, stets die aktuellsten Dienstleistungsangebote nutzen zu können (s. KALUZA U. OSTENDORF 2002, S. 18), jedoch ist eine Synchronisation der Entwicklungszyklen für Automobilhersteller nahezu nicht umsetzbar.

Handlungsempfehlungen

Aus der durchgeführten Analyse von Chancen und Risiken im Kontext der Elektromobilität ergeben sich verschiedene Handlungsempfehlungen für Automobilhersteller. Dabei ist Empfehlung 1 als allgemeine Empfehlung zu verstehen. Alle folgenden Empfehlungen sind Szenario 15 zuzuordnen. Da die Rolle des Automobils als individuelles Fortbewegungsmittel in Szenario 6 nicht verändert wird, ergeben sich für Automobilhersteller keine wesentlichen, neuen Handlungsempfehlungen.

Empfehlung 1: Kooperationen eingehen

Kooperationen mit anderen Herstellern, IKT-Unternehmen oder Industrieverbänden ermöglichen Automobilherstellern die Realisierung von Synergieeffekten. Zum einen können technische Entwicklungen in Zusammenarbeit mit anderen Herstellern erfolgen, beispielsweise bei der Vereinheitlichung der Ladestandards für Elektrofahrzeuge oder der Entwicklung neuer Ladetechnologien. Um das aktuell bereits weit verbreitete Combined-Charging-System (CCS) als weltweiten Ladestandard für Elektrofahrzeuge zu etablieren, wurde bereits die Charging-Interface-Initiative e. V. gegründet (s. Abbildung 4.7-1) (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2017b). Zum anderen kann auf digitaler Ebene mit anderen Marktakteuren zusammengearbeitet werden, um z. B. unternehmens- bzw. branchenübergreifende Geschäftsmodelle zu entwickeln und zu implementieren. Dazu müssen Automobilhersteller gemeinsam mit anderen Marktakteuren auf horizontaler und vertikaler Ebene zusammenarbeiten. Die Automobilhersteller sollten dabei als Initiatoren dieser Kooperationen fungieren. Dadurch würde ihnen eine übergeordnete Rolle zuteil, welche ihren Einfluss auf die Ausgestaltung der Ergebnisse erhöht und die Gefahr einer Abhängigkeit von IKT-

Praxisbeispiel

Bereich	Kooperationen
Initiative	CharIN e. V.

Um das aktuell bereits weit verbreitete Combined-Charging-System (CCS) als weltweiten Ladestandard für Elektrofahrzeuge zu etablieren, wurde die Charging-Interface-Initiative e. V. (kurz: CharIN e.V.) gegründet. Zu den Mitgliedern der 2015 gegründeten Vereinigung zählen Audi, BMW, Daimler, Opel, Porsche, Tesla, Volvo, TÜV Süd und Volkswagen. Das CCS bietet die Möglichkeit, Elektrofahrzeuge an Normladepunkten mit bis zu 43 Kilowatt und an Schnellladepunkten zukünftig mit bis zu 350 Kilowatt Ladeleistung aufzuladen. Es ist derzeit das einzige Ladesystem, das weltweit alle Ladeszenarien abdecken kann. Neben der Integration des Konzepts in Fahrzeuge und Ladestationen wird durch die Vereinigung die Entwicklung eines Zertifizierungssystems für Hersteller erstrebt.

Abbildung 4.7-1: Praxisbeispiel im Bereich Kooperationen (eigene Darstellung)

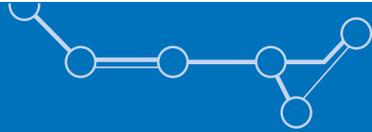
Unternehmen verringert. Des Weiteren können Industrieverbände (z. B. VDE, VDA oder VDMA) als beratende Instanzen oder technische Dienstleister fungieren und sich an Normierungs- und Standardisierungsaktivitäten beteiligen.

Empfehlung 2: Digitalisierung des Automobils vorantreiben

Die zunehmende Digitalisierung des Automobils ist eine der Voraussetzungen für den Durchbruch der Elektromobilität durch Dienstleistungen, da digitale Plattformen erst durch die Vernetzung des Fahrzeugs ihre volle Funktionalität entfalten können. Die Digitalisierung des Automobils kann entweder von den Automobilherstellern selbst oder durch externe Dienstleister vorangetrieben werden. Um zu vermeiden, die Kontrolle über die digitalen Komponenten ihrer Fahrzeuge an Konkurrenten abzugeben, ist es erforderlich, dass Automobilhersteller ihre digitalen Kompetenzen erweitern. Dadurch können sie ein wichtiger Bestandteil der digitalen Wertschöpfungskette werden und neue Geschäftsfelder aktiv mitgestalten. Ein positives Beispiel für die digitale Vernetzung des Automobils durch die Kooperation mit Fremdanbietern ist hingegen die Implementierung der Dienste ‚Android Auto‘ und ‚Apple CarPlay‘ (s. Abbildung 4.7-2) (s. DÖRNER 2016). Fast alle Automobilhersteller bieten diese in ihren ab 2017 produzierten Fahrzeugmodellen an. Eine solche Digitalisierung des Fahrzeugs könnte den Ausgangspunkt für die komfortable Nutzung nicht nur externer Dienstleistungen, sondern auch personalisierter Dienstleistungen der Automobilhersteller bilden. In jedem Fall wird der Nutzungskomfort digitaler Angebote im Vergleich zu Smartphone-Applikationen, welche während der Fahrt nur schwerlich bedient werden können, deutlich erhöht.

Praxisbeispiel

Bereich	Digitalisierung des Automobils
Initiative	Apple Car Play / Android Auto



Mithilfe von ‚Apple CarPlay‘ und ‚Google Android Auto‘ kann ein Smartphone an den Bordcomputer des Autos angeschlossen werden. ‚Carplay‘ und ‚Android Auto‘ spiegeln nun die Bedienoberfläche des Smartphones auf das im Fahrzeug integrierte Display. Dadurch steht dem Nutzer ein Großteil des Funktionsumfangs des Smartphones zur Verfügung. Für die Nutzung durch ‚Apple Car Play‘ sind beispielsweise die Applikationen ‚Telefon‘, ‚Nachrichten‘, ‚Musik‘, ‚Hörbücher‘ und ‚Karten‘ freigegeben. Obwohl die geringe Anzahl der verfügbaren Applikationen, die von externen Anbietern bereitgestellt werden, die Anwendungsfälle einschränken und beide Dienste anscheinend viele Nutzungsdaten akquirieren, besitzt dieses Konzept ein großes Potenzial im Hinblick auf die Digitalisierung des Automobils.

Abbildung 4.7-2: Praxisbeispiel im Bereich Digitalisierung (eigene Darstellung)

Empfehlung 3: Erweiterbare Fahrzeugmodelle entwickeln

Da die Entwicklungszyklen für Fahrzeugmodelle deutlich länger als für digitale Produkte sind, sollten Automobilhersteller bei der Entwicklung neuer Fahrzeugmodelle die Erweiterbarkeit im Hinblick auf neue Funktionen berücksichtigen. Dienste, wie z. B. ‚Apple Car Play‘, hätten bei einer vorausschauenden Fahrzeugentwicklung möglicherweise nicht erst in den ab 2017 produzierten Fahrzeugmodellen implementiert werden können. Auch eine Integration von Sensoren in aktuelle Fahrzeugmodelle, welche zukünftig das (teil-)autonome Fahren ermöglichen, wäre denkbar.

Empfehlung 4: Personalisierte Dienstleistungen entwickeln

Die Erhebung von Kundendaten ist der Ausgangspunkt für zahlreiche innovative Geschäftsmodelle. Dazu müssen die Automobilhersteller zunächst sicherstellen, dass sie mit Erlaubnis ihrer Kunden die Datenhoheit erhalten. Wenn diese Voraussetzung erfüllt ist, können personalisierte Angebote für den Kunden erstellt werden. So ist beispielsweise personalisierte Werbung oder Routenführung denkbar. Des Weiteren können Geschäftsmodelle nach dem Prinzip der *Function on Demand* (FoD) zur Personalisierung und Gewinnsteigerung beitragen. FoD-Angebote ermöglichen dem Kunden, mit seinem Smartphone einzelne Funktionen seines Fahrzeugs bei Bedarf für einen begrenzten Zeitraum kostenpflichtig zu buchen. So könnte beispielsweise für eine Nacht die Funktion von Matrix-Scheinwerfern gebucht werden. Audi verfolgt im Zuge seiner Digitalisierungsstrategie das Ziel, bis 2025 erhebliche Umsatzanteile

im Bereich derartiger kostenpflichtiger Zusatzoptionen zu erreichen. Neben technologischen Optionen, deren Implementierung mit hohem Aufwand und hohen Kosten verbunden ist, besitzen insbesondere digitale Modelle, wie z. B. Infotainmentsysteme oder buchbare Reiseführer für Urlaubsfahrten, großes Potenzial.

Empfehlung 5: Leistungsmerkmale den Kundenbedürfnissen anpassen

In Zukunft ist im Zuge des Szenarios 15 eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens und -verständnisses der Bevölkerung denkbar. Dies könnte zur Folge haben, dass das Automobil nicht mehr als Statussymbol, sondern vielmehr als Mittel zum Zweck der Fortbewegung wahrgenommen wird. Für Automobilhersteller droht daher, dass die Alleinstellungsmerkmale ihrer Fahrzeuge zunehmend an Bedeutung verlieren und im Gegenzug die Funktionalität und Effizienz der Fahrzeuge an Bedeutung gewinnen. Gegenwärtig bedeutende Fahrzeugeigenschaften, wie z. B. eine hohe Performanz und ein attraktives Design, müssen im Hinblick auf deren zukünftige Relevanz für den Nutzer hinterfragt werden. Hingegen könnten Sicherheitsstandards, auch im Hinblick auf autonomes Fahren, an Bedeutung gewinnen. Demnach müsste zukünftig beim Karosseriedesign Sicherheit eine höhere Gewichtung erfahren als Ästhetik.

Empfehlung 6: Anpassung des Vertriebs- und Servicenetzwerks

Elektrofahrzeuge stellen grundsätzlich neue Anforderungen an das Vertriebs- und Servicenetzwerk der Automobilhersteller. So stehen potenzielle Kunden einem Batteriefahrzeug möglicherweise deutlich skeptischer gegenüber, sodass vermehrt Probefahrten und eine intensivere Information über die technologischen Gegebenheiten eines Elektrofahrzeugs erforderlich sein könnten. Da gemäß Szenario 15 Dienstleistungen einen wichtigen Bestandteil des Mobilitätskonzepts bilden werden, ist es außerdem notwendig, Kunden beim Kauf umfassend über die Möglichkeiten dieser Dienstleistungen zu informieren und gegebenenfalls eine Einführung in die Funktionalitäten derselben anzubieten. Neben einer Veränderung der Vertriebsstrategie ergeben sich auch für die Wartung und Reparatur der Fahrzeuge wesentliche Veränderungen. Denn aufgrund der geringeren Anzahl der in Elektrofahrzeugen verbauten beweglichen Teile sind diese tendenziell weniger anfällig für Defekte. Somit sind Reparaturen nicht so häufig notwendig wie bei Benzin- und Dieselfahrzeugen. Gleichzeitig kann es – z. B. im Hinblick auf das Gefühl der Sicherheit – bei Nutzern sinnvoll sein, durch Dienstleistungen den Zugang zu Servicedienstleistungen zu vereinfachen.

4.7.2 Energieversorgungsunternehmen

Aktueller Stand

Energieversorgungsunternehmen sind in diesem Zusammenhang Unternehmen, die privaten und gewerblichen Verbrauchern elektrische Energie zur Verfügung stellen. Diese Bezeichnung bezieht sich dabei sowohl auf die vier größten deutschen Grundversorger EnBW, RWE, Vattenfall und E.ON als auch auf die vier größten deutschen Netzbetreiber Amprion, TenneT, 50Hertz und TransnetBW (s. REDAKTION DER FRANKFURTER ALLGEMEINEN ZEITUNG GMBH 2016). Die Energieversorger sind für die Stromerzeugung und -verteilung, den Ausbau der Netze und den Vertrieb entlang der gesamten Wertschöpfungskette zuständig. Sie nehmen eine Oligopolstellung ein und unterliegen daher einer besonderen staatlichen Kontrolle. So werden beispielsweise Netzentgelte staatlich reguliert. Aufgrund der oligopolistischen Marktposition konnten die vier Energieunternehmen in den letzten Jahrzehnten hohe Gewinne erwirtschaften. Die wirtschaftliche Situation der Unternehmen hat sich jedoch in den letzten Jahren durch die Energiewende und eine gleichzeitige strategische Ausrichtung auf kaum zukunftsfähige konventionelle Energieträger enorm verschlechtert. So sind beispielsweise die Aktienkurse von RWE und E.ON in den letzten zehn Jahren um über 75 Prozent gefallen. (TM-UNTERNEHMENSGRUPPE 2017)

Chancen und Risiken

Den Energieversorgern wird durch die Elektromobilität und die damit verbundenen Geschäftsfelder im Allgemeinen ein neuer Absatzmarkt mit vielfältigen Chancen eröffnet. Die flächendeckende Verbreitung der Elektromobilität wird zu einem steigenden Strombedarf führen, wofür den Nutzern eine entsprechende Infrastruktur zur Verfügung gestellt werden muss. Wenn Energieversorger den Ausbau der Ladeinfrastruktur vorantreiben und zu großen Teilen eigenständig umsetzen, ermöglicht ihnen dies die Erreichung einer günstigen Marktposition (RUPPEL 2016), da andere Akteure auf die Nutzung der Infrastruktur angewiesen sind. Darüber hinaus entstehen im Zusammenhang mit der Elektromobilität vom Kerngeschäft abweichende Geschäftsfelder, durch welche eine neue und nachhaltige Positionierung der Unternehmen am Markt ermöglicht wird. So bieten z. B. sowohl RWE als auch die Tochterfirma Innogy Ladestationen für Privathaushalte oder vollständige Ladekonzepte für gewerbliche Kunden an. Der Digitalisierung kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Solchen neuen Geschäftsmodellen ist gemein, dass die Kundeninteraktion deutlich intensiver ist als bei bisherigen Geschäftsmodellen. Es besteht somit die Chance, dass Kundenbeziehungen ausgebaut werden können. Andererseits ermöglicht eine zunehmende Digitalisierung auch die Steigerung der Effizienz vorhandener Unternehmensstrukturen und kann daher helfen, die Herausforderungen der Energiewende zu bewältigen (vgl. ROTTMANN U. KILIAN 2015, S. 39).

Eine weitere Chance besteht in dem guten Image, mit welchem Ökostrom und Elektromobilität in großen Teilen der Gesellschaft konnotiert sind. Eine Fokussierung dieser Geschäftsbereiche bietet den Energieversorgern die Chance, dass ein Imagetransfer gelingt und das Unternehmensimage vom guten Leumund ressourcen- und umweltbewusster Lebensweisen profitiert. Damit Energieversorger mit ihren Produkten verschiedene Zielgruppen erreichen können, sind unterschiedliche Marktpositionierungen erforderlich. Durch die Ausgliederung von Tochterunternehmen haben die deutschen Grundversorger beispielsweise den Grundstein für ein vielfältiges Produkt- und Markenportfolio mit gleichzeitig klarer Marketingstrategie gelegt.

Ein zentrales Risiko liegt in der Knappheit der verfügbaren finanziellen Mittel. Der Wandel von konventionellen hin zu nachhaltigen Energieträgern ist mit hohen Investitionen verbunden. So tragen z. B. Energieversorger eine Mitverantwortung für die Rekultivierung von stillgelegten Abbaugebieten. Zusätzlich stellt auch der Ausbau der Ladeinfrastruktur eine große finanzseitige Belastung für Energieversorger dar. Solche Kosten werden erst über lange Zeiträume hinweg amortisiert. Auf politischer Ebene ist der Einfluss der Energieversorger in den letzten Jahren außerdem deutlich gesunken. Aufgrund des steigenden Wettbewerbs und einer sinkenden Marktmacht der vier Unternehmen ist eine Fortsetzung dieses Trends zu erwarten (vgl. BONTRUP U. MARQUARDT 2015, S. 147 ff.). Die Mehrmarkenstrategie, welche von RWE, E.ON und EnBW verfolgt wird, erhöht ferner die Komplexität der Konzernstrukturen. Dies führt unter anderem zu gesteigerten Koordinationsaufwänden. Außerdem kann, bedingt durch den Vertrieb ähnlicher Produkte, eine Konkurrenzsituation von Mutter- und Tochterunternehmen entstehen (Kannibalisierungseffekte).

Nach Szenario 6 führt der technologische Fortschritt, insbesondere im Bereich der Batterietechnologie, zum Erfolg der Elektromobilität. Dienstleistungen spielen eine eher untergeordnete Rolle. Im Rahmen dieses Szenarios stellt der hohe Strompreis eine bedeutende Chance für Energieversorger dar und ermöglicht beispielsweise die Amortisierung der Investitionen in erneuerbare Energien oder Elektromobilität.

Da in Szenario 6 private Lademöglichkeiten (z. B. die Garage des Fahrzeugbesitzers) für Nutzer eine besondere Bedeutung haben, können die Energieversorger durch die Bereitstellung der entsprechenden Ladepunkte in Verbindung mit einem passenden Kundenservice neue Absatzquellen erschließen. So besteht die Chance, die Abhängigkeit von Einnahmen aus ihrem Haupttätigkeitsfeld zu verringern.

Für Energieversorger besteht in diesem Szenario das Risiko, dass aufgrund fehlender Standardisierung von Ladekonzepten Anpassungskosten entstehen. Daten- und Ladeschnittstellen der Elektrofahrzeuge unterscheiden sich erheblich, sodass Angebote der Energieversorger stark an die jeweiligen Systemschnittstellen angepasst werden müssen.

Nach Szenario 15 ermöglichen Dienstleistungen den Durchbruch der Elektromobilität. Der technologische Fortschritt in Bezug auf Elektrofahrzeuge bleibt hingegen zurück. Dieses Szenario geht mit verschiedenen Chancen und Risiken für deutsche Energieversorger einher.

Bedingt durch den hohen Grad der Standardisierung in Szenario 15 können mit geringem Aufwand Kooperationen mit anderen Akteuren eingegangen werden. Kooperationen ermöglichen den Energieversorgern, Synergie-Effekte zu nutzen, Defizite im IT-Bereich auszugleichen und Eingang in neue Geschäftsfelder zu erlangen. Standardisierungen führen außerdem zu einer Verringerung des Komplexitätsgrades bei Ausbau und Steuerung der Ladeinfrastruktur. Einheitliche Schnittstellen vereinfachen des Weiteren die Erhebung von Kundendaten, die den Energieversorgern dabei helfen können, ihre Produkte den Kundenanforderungen sowie Stromnetzkapazitäten anzupassen. Eine Standardisierung der Datenschnittstellen bildet ferner die Grundlage für ein intelligentes Stromnetz, für das sogenannte Smart Grid. Dieses ermöglicht unter anderem, dass Batterien der Elektrofahrzeuge entsprechend dem Konzept Vehicle-to-Grid (V2G) als Stromspeicher genutzt werden, um Lastspitzen des Stromnetzes zu decken (s. Kapitel 3.2, Anhang A).

Ein Risiko der Standardisierung von Datenschnittstellen ist die Entstehung von Konflikten mit anderen Marktakteuren und Kunden bezüglich der Datenhoheit. Der hohe Standardisierungsgrad ermöglicht es neuen Akteuren außerdem, ohne große Marktbarrieren in den Markt einzutreten. Dies führt zu einem intensiven Wettbewerb. Mit zunehmender Digitalisierung steigt ferner die Gefahr, die von Sicherheitsproblemen ausgeht. Da eine Abhängigkeit von IT-Systemen entsteht, stellen Cyberangriffe, genauso wie unternehmensinterne Probleme (z. B. Softwarefehler), ein signifikantes Risiko dar (vgl. ROTTMANN U. KILIAN 2015, S. 40).

Handlungsempfehlungen

Aus der durchgeführten Analyse von Chancen und Risiken im Kontext der Elektromobilität ergeben sich verschiedene Handlungsempfehlungen für Energieversorger. Dabei sind die Empfehlungen 1 und 2 als allgemeine bzw. szenarioübergreifende Empfehlungen zu verstehen. Die Empfehlungen 3 und 4 sind Szenario 15 zuzuordnen.

Empfehlung 1: Markenkern stetig erweitern

In Zukunft könnten innovative Geschäftsfelder, wie beispielsweise Elektromobilität, Smart Meter und Smart Home, für Energieversorger eine neue Einkommensmöglichkeit darstellen, da die Nutzung fossiler Energieträger zukünftig stetig an Bedeutung verlieren wird. Neue Geschäftsfelder sollten konsequent erprobt werden. Um die dafür benötigten innovativen Denkmuster und Herangehensweisen der Mitarbeiter zu etablieren, müssen seitens der Führungsebene adäquate Impulse gesetzt werden. Der Handlungsspielraum der Mitarbeiter

muss entsprechend angepasst werden, damit eine innovative Erweiterung des Produktportfolios stattfinden kann. Neben der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur sind diesbezüglich z. B. digitale Plattformen, intelligente Stromtarife oder Solarbatterie-Paketlösungen zu nennen (vgl. OLIVER WYMAN 2016, S. 16). Einerseits ermöglichen neue Geschäftsfelder die Erschließung zusätzlicher Einnahmequellen, andererseits können die Energieversorger versuchen, das gute Image der Elektromobilität auf ihr eigenes Image zu transferieren und sie können somit eine Veränderung der Wahrnehmung durch die Kunden erreichen.

Empfehlung 2: Stromnetz an Elektromobilität anpassen

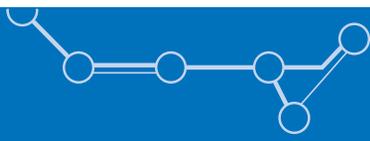
Bei einer erfolgreichen Entwicklung der Elektromobilität kommt es zu einer Umverteilung des Strombedarfs auf allen Ebenen. Erstens könnte der häusliche Stromanschluss z. B. beim gleichzeitigen abendlichen Aufladen mehrerer Elektrofahrzeuge in der Garage eines Mietshauses eine Überlastung erfahren. Da die Elektromobilität aufgrund der verhältnismäßig geringen Reichweite und Geschwindigkeit von Elektrofahrzeugen wahrscheinlich zunächst in urbanen Regionen konzentriert sein wird, sind zweitens Überlastungen des Niederspannungsnetzes zu erwarten. Die Lastspitze der Elektrofahrzeugflotte tritt zwischen 17 und 20 Uhr auf und überschneidet sich somit mit der bereits bestehenden Lastspitze. Die Größe dieser Lastspitze hängt maßgeblich von der Ladeleistung ab, welche für das Laden der Elektrofahrzeuge verwendet wird. So kommt es beispielsweise bei einer Erhöhung der Ladeleistung von 3,5 kW auf 14 kW pro Fahrzeug zu einer Steigerung der Spitzenlast um 39 Prozent, was ungefähr der Steigerung entspricht, die bei einer Ladeleistung von 3,5 kW im Zeitraum von 12:00 Uhr bis 17:00 Uhr auftritt. Sowohl nach Szenario 6 als auch nach Szenario 15, welche eine Steigerung der Ladeleistung als Voraussetzung für eine Reduktion der Ladezeit implizieren, ist ein im Hinblick auf die Elektromobilität adaptierter Netzausbau somit dringend notwendig und sollte von den Energieversorgungsunternehmen soweit wie möglich unterstützt werden. (s. NOBIS U. FISCHHABER 2016, S. 1)

Empfehlung 3: Netzausbau digital gestalten

Sowohl der Markthochlauf der Elektromobilität als auch die Energiewende werden eine grundlegende Umgestaltung des deutschen Stromnetzes erforderlich werden lassen. So häufen sich die Effekte der größtenteils lokal gebundenen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (z. B. in Offshore-Windparks) und des vornehmlich in urbanen Regionen hohen Stromverbrauchs durch Elektrofahrzeuge (s. Empfehlung 3). Das Potenzial der Digitalisierung sollte von den Energieversorgern dazu genutzt werden, diese Herausforderung zu bewältigen. Intelligente Stromnetze (Smart Grid) und Messsysteme (Smart Meter) ermöglichen es, die landesweite Verteilung des Stroms effizient zu gestalten und Lastspitzen des Strombedarfs jederzeit zu decken (s. Abbildung 4.7-3) (s. PRESSE- U. INFORMATIONSAMT D. BUNDESREGIERUNG 2016a). Ladevorgänge können beispielsweise durch Ladesteuerungen in Schwachlastzeiten

oder Zeiten mit einer hohen Stromerzeugung durch erneuerbare Energien verschoben werden (s. NOBIS U. FISCHHABER 2016, S. 3). Konzepte, bei denen Elektrofahrzeuge als Stromspeicher fungieren, sollten von den Energieversorgern ebenfalls frühzeitig erprobt werden. Um das Potenzial der Digitalisierung nutzen zu können, müssen Energieversorger eine umfassende Expertise in diesem Bereich aufbauen. Dabei sollte auch die potenzielle Konkurrenz durch spezialisierte IT-Konzerne berücksichtigt werden.

Praxisbeispiel



Bereich	Smart Grid
Initiative	Digitale Stromzähler

Am 2. September 2016 ist ein Gesetz zum verpflichtenden Einsatz von intelligenten Strommessgeräten in Kraft getreten. So sollen ab 2017 zunächst Großverbraucher digitale Stromzähler, sogenannte „Smart Meter“, erhalten. Ab 2020 werden diese auch für Privathaushalte ab einem Jahresverbrauch von 6.000 Kilowattstunden verpflichtend. Das System soll helfen, Angebot und Nachfrage von elektrischer Energie besser zu koordinieren und unter Einbeziehung der Stromeinspeisung durch Privathaushalte das Stromnetz zu stabilisieren. Die digitalen Stromzähler können als erster Schritt auf dem Weg zu einem digitalen Stromnetz interpretiert werden.

Abbildung 4.7-3: Praxisbeispiel im Bereich Smart Grid (eigene Darstellung)

Empfehlung 4: Netzausbau dezentral gestalten

Dezentrale Energieerzeugung gewinnt für Energieversorgungsunternehmen angesichts der Energiewende und des zukünftigen Erfolgs der Elektromobilität zunehmend an Bedeutung. Durch private Haushalte betriebene Photovoltaikanlagen oder Blockheizkraftwerke sollten in ein intelligentes Stromnetz integriert werden. Hinzu kommt, dass die Batterieladung privater Elektrofahrzeuge genutzt werden kann, um durch eine Entladung der Batterien entsprechend dem Konzept Vehicle-to-Grid (V2G) Lastspitzen des Stromnetzes zu decken (s. Kapitel 3.2, Anhang A). Energieversorgungsunternehmen sollten im Hinblick auf eine solche Beteiligung privater Haushalte an der Energieversorgung infrastrukturelle Lösungen entwickeln und insbesondere das Konzept V2G frühzeitig erproben.

4.7.3 Dienstleistungsunternehmen

Aktueller Stand

Es existiert bereits eine Vielzahl an Unternehmen, welche innovative Dienstleistungen für die Elektromobilität anbieten. Zu diesen Dienstleistungen zählen unter anderem Carsharing-Plattformen, Plattformen für intermodale Mobilität und Plattformen zum Auffinden von Ladestationen und Bezahlen von Ladestrom für Elektrofahrzeuge. Zu den größten deutschen Anbietern von Carsharing zählen car2go mit weltweit 2,2 Millionen Kunden und ca. 14.000 Fahrzeugen – vertreten in sieben deutschen Städten – sowie DriveNow mit europaweit 815.000 Kunden und ca. 5.000 Fahrzeugen – vertreten in fünf deutschen Städten. Car2go ist ein Tochterunternehmen der Daimler AG und bietet, abgerechnet pro Minute, Fahrzeugmodelle der Daimler AG an. Das Finden, Buchen und Bezahlen der Fahrzeuge erfolgt über eine Smartphone-App. Drive Now, ein Joint-Venture der BMW Group und der Sixt SE, wendet ein ähnliches Geschäftsmodell an und konnte zum Jahreswechsel zwischen 2016 und 2017 ein Wachstum von 42 Prozent verzeichnen. (s. CAR2GO GROUP GMBH 18.01.2017, S. 2; s. DRIVE NOW GMBH 19.01.2017, S. 1) Aktuell existieren nur wenige Plattformen, welche eine intermodale Routenplanung anbieten. Google Maps kombiniert beispielsweise das Auto, öffentliche Verkehrsmittel, Fahrrad und Fußweg, um daraus die schnellste Route zwischen zwei Punkten zu berechnen. Die aktuell größte Plattform zum Finden von Ladestationen und Bezahlen von Ladestrom für Elektrofahrzeug ist PlugSurfing. Das Start-up wurde 2012 gegründet und stellt den Kunden eine App und eine RFID-Karte zur Verfügung, mithilfe derer eine unkomplizierte Authentifikation und Bezahlung möglich sind. Anfang 2017 konnten 20.000 Nutzer der Plattform auf 35.000 Ladepunkten in 15 Ländern zugreifen. Damit deckte das Netzwerk rund 70 Prozent der deutschen Ladestationen ab. Das Unternehmen kooperiert mit der Hsubject GmbH, welche als B2B-Plattform Ladenetzwerke verschiedener Anbieter zusammenführt und so eine übergreifende Schnittstelle zur Bezahlung von Ladestrom zur Verfügung stellen kann. (s. WEIMER 2017)

Chancen und Risiken

Die beschriebenen Dienstleistungsunternehmen weisen unterschiedliche Charakteristika auf, aufgrund derer eine vereinheitlichte Betrachtung von Dienstleistungsunternehmen kaum möglich ist. Daher wird in diesem Abschlussbericht die Hsubject GmbH stellvertretend für den Marktakteur des Dienstleistungsunternehmens untersucht.

Die Hsubject GmbH ist ein im Jahr 2012 gegründetes Joint-Venture von BMW, Daimler, Bosch, Siemens, EnBW und RWE mit Sitz in Berlin. Die Volkswagen AG ist kürzlich als Gesellschafter hinzugestoßen (s. HSUBJECT GMBH 2017c). Außerdem kooperiert Hsubject mit dem cloudbasierten Kartenanbieter HERE. Im Folgenden wird das Geschäftsmodell der Hsubject GmbH erläutert.

Deutschlandweit agieren auf dem Elektromobilitätsmarkt zurzeit etwa 200 verschiedene Anbieter von Ladesäulen, die jeweils ihre eigenen Zugangs- und Abrechnungssysteme nutzen (s. HUBJECT GMBH 2017a). Die überwiegende Inkompatibilität dieser Systeme beeinflusst die Nutzerfreundlichkeit negativ. Daher hat die HUBJECT GmbH die E-Roaming-Plattform „intercharge“ entwickelt, welche die Ladestationen und Ladelösungen verschiedener Anbieter miteinander vernetzt, indem Geodaten, Steckerdaten und Belegungsdaten der Ladestationen in Echtzeit über die Plattform ausgetauscht werden. Dieses Netzwerk stellt den Unternehmen als B2B-Anbieter Plattformen, wie z. B. PlugSurfing, zur Verfügung. (s. HUBJECT GMBH 2017b) Die HUBJECT GmbH ist auch international tätig. Insgesamt sind in 24 Ländern 275 Unternehmen über die Plattform vernetzt und etwa 55.000 Ladepunkte an die Plattform angeschlossen (s. HUBJECT GMBH 2017b).

Die HUBJECT GmbH hat im Allgemeinen vielfältige Chancen, die erfolgreichen Entwicklungen der Elektromobilität zu nutzen. HUBJECT weist mit einer geringen Unternehmensgröße, flachen Hierarchien und dem Unternehmensstandort Berlin Charakteristika eines Start-ups auf. Diese Eigenschaften ermöglichen dem Unternehmen, flexibel und dynamisch auf Änderungen des Marktumfeldes zu reagieren. Unternehmen wie HUBJECT haben außerdem maßgeblich dazu beigetragen, die Nutzerfreundlichkeit der Elektromobilität zu steigern. Eine weitere Chance resultiert aus der Größe des bestehenden Netzwerks von Unternehmen, aufgrund derer HUBJECT nahezu eine Monopolstellung unter den B2B-Plattformen im Bereich der Ladeinfrastruktur einnimmt. Durch die daraus resultierende Abhängigkeit der Kunden von HUBJECT kann das Unternehmen eine gute Verhandlungsposition einnehmen und somit das eigene unternehmerische Interesse durchsetzen. Hinzu kommt, dass HUBJECT aufgrund der Marktmacht der Gesellschafter über ein starkes Netzwerk verfügt, durch welches möglichen Konkurrenten der Marktzugang erheblich erschwert wird. Darüber hinaus bieten Kooperationen mit den Gründungs- und Partnerunternehmen für HUBJECT die Chance, von Wissenstransfer zu profitieren, indem Einblicke in die verschiedenen Geschäftsfelder dieser Unternehmen erlangt werden. Somit ist denkbar, dass diese Wissensgrundlage als Grundlage neuer integrierter Geschäftsmodelle dient.

Dem steht das folgende allgemeine Risiko gegenüber. Möglicherweise können aufgrund der durch die Gesellschafter eingeschränkten Souveränität des Unternehmens HUBJECT Marktpotenziale nicht vollständig ausgeschöpft werden. Es ist beispielsweise denkbar, dass HUBJECT erfolgversprechende Kooperationen mit anderen Marktakteuren nicht eingeht, falls dies im Widerspruch mit den Interessen der Gründungsunternehmen steht.

Nach Szenario 6 führt der technologische Fortschritt, insbesondere im Bereich der Batterietechnologie, zum Erfolg der Elektromobilität. Dienstleistungen spielen eine eher untergeordnete Rolle. Außerdem hat in diesem Szenario eine Standardisierung der Ladeinfrastruktur nicht stattgefunden. Da nur wenige Dienstleistungsunternehmen im Bereich der Elektromobilität agieren, befindet sich HUBJECT in einer Monopolstellung. Andererseits erschwert die mangelnde

Standardisierung von Datenschnittstellen die Kooperation von Hubject mit den vielzähligen Partnerunternehmen. In Szenario 6 stimmt außerdem das Verhalten der Nutzer nicht mit dem Geschäftsmodell von Hubject überein, da beispielsweise Elektrofahrzeuge vornehmlich zuhause aufgeladen werden. Dieses Nutzerverhalten führt zu einem geringen Erfolg des Geschäftsmodells.

Nach Szenario 15 ermöglichen Dienstleistungen den Durchbruch der Elektromobilität. Der technologische Fortschritt in Bezug auf Elektrofahrzeuge bleibt hingegen zurück. Eine ausreichende Standardisierung von Datenschnittstellen vereinfacht die Zusammenarbeit Hubjects mit verschiedenen Partnerunternehmen, da ein geringerer Aufwand zur Vernetzung der Bezahl- und Ladesysteme notwendig ist. Dem stehen die folgenden Risiken gegenüber: Neben Hubject bieten Konkurrenzunternehmen wie e-clearing.net und Ladenetz.de ähnliche Roaming-Plattformen an. Auch diese Unternehmen sind aus Kooperationen von Großunternehmen, wie z. B. E.ON, Mitsubishi oder T-Systems, hervorgegangen. Außerdem könnten international agierende Großkonzerne mit ähnlichen Dienstleistungskonzepten in den Markt eintreten. Es besteht zudem das Risiko, dass sich verschiedene Akteure mit unterschiedlichen Roaming-Plattformen am Markt etablieren und daher das eigentliche Ziel der Steigerung der Nutzerakzeptanz durch die Verfügbarkeit einer zentralen Plattform nicht erreicht werden kann.

Handlungsempfehlungen

Aus der durchgeführten Analyse von Chancen und Risiken im Kontext der Elektromobilität ergeben sich verschiedene Handlungsempfehlungen für Dienstleistungsunternehmen. Dabei ist Empfehlung 1 als allgemeine Handlungsempfehlung zu verstehen. Die folgenden Empfehlungen beziehen sich vorrangig auf das Szenario 15, da dieses eine stärkere Konkurrenzsituation impliziert.

Empfehlung 1: Start-up-Charakter wahren

Das Marktwachstum im Bereich der Elektromobilität vollzieht sich aktuell mit hoher Geschwindigkeit. Sowohl die Dynamik als auch die Komplexität des Marktes nehmen stetig zu (vgl. WIETSCHEL 2011, S. 3). Ein solcher Wandel ist durch das Auftreten unerwarteter Chancen und Risiken charakterisiert, welche umfassend in die unternehmerische Planung integriert werden müssen. Daher ist jungen Dienstleistungsunternehmen zu empfehlen, die strategische Entwicklung der Unternehmensstruktur dahingehend zu gestalten, dass trotz eines Wachstums des Unternehmens der Start-up-Charakter gewahrt werden kann. So können Stärken wie Flexibilität und Agilität im volatilen Marktumfeld der Elektromobilität auch in Zukunft als Vorteil gegenüber der Konkurrenz genutzt werden. Umfangreiche Investitionen in Humankapital und eine kontinuierliche Verbesserung des Arbeitsumfelds sollten dabei als Grundlage für ein nachhaltiges Unternehmenswachstum angesehen werden.

Empfehlung 2: Schnelles Wachstum

Standardisierte Schnittstellen im Bereich der Ladeinfrastruktur bilden eine unbedingte Voraussetzung für Nutzerakzeptanz. Das Beispiel der Hubeject GmbH, die als B2B-Plattform Ladenetzwerke verschiedener Anbieter zusammenführt, zeigt, dass durch die Vergrößerung der Nutzergemeinschaft und des Einflusses auf Konkurrenzunternehmen sowohl der jeweilige Marktakteur als auch die Nutzer der Elektromobilität profitieren können. Jedoch ergibt sich, insbesondere für Marktakteure, ein langfristiger Vorteil aus einer starken Marktposition, da der Markteintritt potenzieller Konkurrenten bei einem vorhandenen digitalen Monopol oft nur über disruptive Geschäftsmodelle möglich ist. Ein Praxisbeispiel für das schnelle Wachstum von Dienstleistungsunternehmen bilden die aktuellen Gespräche zur Fusion der Plattformen car2go und DriveNow (s. Abbildung 4.7-4) (s. DIE WELT 2017a). Sollte privates Carsharing in Zukunft an Bedeutung gewinnen, ist schnelles Wachstum besonders entscheidend für den Erfolg eines in diesem Bereich tätigen Dienstleistungsunternehmens. Denn ein daraus erwachsendes digitales und monopolistisches Netzwerk lässt sich durch den Netzwerkeffekt beschreiben, da die Nutzer von Elektromobilität sowohl die Angebots- als auch die Nachfrageseite bilden. Der Netzwerkeffekt besagt, dass der Nutzen des Netzwerks für jeden Nutzer mit jedem neuen Nutzer zunimmt.

Praxisbeispiel	
Bereich	Wachstum von Plattformen
Initiative	Fusion von car2go und DriveNow

Aktuell wird über eine Fusion der Carsharing-Anbieter car2go und DriveNow verhandelt. Die Mutterkonzerne Daimler und BMW verfolgen damit das Ziel, stärker gegenüber neuen Wettbewerbern, wie z. B. dem Taxivermittler Uber, zu werden. Das neue Dienstleistungsunternehmen würde, wie auch car2go und DriveNow, als Free-Floating-Anbieter agieren und unter neuem Namen auftreten.

Abbildung 4.7-4: Praxisbeispiel im Bereich Wachstum von Plattformen (eigene Darstellung)

Empfehlung 3: Konkurrenzsituation kontinuierlich prüfen

Die Errichtung von Ladestationen erfolgt hauptsächlich durch den Staat, Automobilhersteller (z. B. Tesla) und Energieversorger (z. B. RWE). Die dazugehörige Kundenschnittstelle wird aktuell jedoch nicht nur von diesen drei Akteuren, sondern zusätzlich von vielen verschiedenen Dienstleistungsunternehmen zur Verfügung gestellt. Dabei können sowohl kleine Dienstleistungsstartups mit hoher Flexibilität als auch große IT-Konzerne mit umfangreicher Expertise

und Finanzkraft in kurzer Zeit konkurrenzfähige Plattformen entwickeln. Daher sollten Dienstleistungsunternehmen kontinuierlich und branchenübergreifend den Markt im Hinblick auf potenzielle Konkurrenzunternehmen prüfen.

4.7.4 Staatliche Institutionen

Aktueller Stand

Die Rolle des Staates beim Fortschritt der Elektromobilität geht weit über die Funktion als regulierende Instanz hinaus. Um den Technologiewechsel zu erleichtern und das sogenannte Henne-Ei-Problem in Bezug auf leistungsstarke Elektrofahrzeuge und Ladestationen zu lösen, können staatliche Institutionen durch gezielte, finanzielle Investitionen in Forschung und Entwicklung oder durch den Ausbau der Ladeinfrastruktur die Elektromobilität in Deutschland maßgeblich fördern. Zu den bereits ergriffenen Maßnahmen zählen erstens monetäre Maßnahmen, wie z. B. die Befreiung batterieelektrischer Fahrzeuge von der Kfz-Steuer oder der Umweltbonus für Elektrofahrzeuge in Höhe von 3.000 bzw. 4.000 Euro. Zweitens werden Elektrofahrzeuge in den Fuhrpark des Bundes integriert und sollen ab 2017 eine Quote von mindestens 20 Prozent erfüllen. Drittens werden bis 2020 Investitionen in die Ladeinfrastruktur in Höhe von 300 Millionen Euro getätigt, davon 200 Millionen Euro für den Ausbau von Schnellladestationen und 100 Millionen Euro für den Ausbau von konventionellen Ladestationen. (s. BMWi 2016) Diese Maßnahmen zeugen vom Bestreben der Bundesregierung, die Elektromobilität nachhaltig und umfassend zu fördern und den Status Deutschlands als Leitanbieter und Leitmarkt zu erreichen. Da der Staat keine unternehmerischen Interessen verfolgt, werden an dieser Stelle keine Chancen und Risiken für staatliche Institutionen im Hinblick auf Elektromobilität formuliert. Doch welche Handlungsmaßnahmen sollten ergriffen werden, um die angestrebte Stückzahl von einer Million zugelassener Elektrofahrzeuge möglichst schnell zu erreichen?

Handlungsempfehlungen

Aus der durchgeführten Analyse von Chancen und Risiken im Kontext der Elektromobilität ergeben sich verschiedene Handlungsempfehlungen für staatliche Institutionen. Dabei ist Empfehlung 1 als allgemeine Handlungsempfehlung zu verstehen. Die zweite und dritte Empfehlung beziehen sich vorrangig auf das Szenario 15, da dieses einen Erfolg der Elektromobilität durch Dienstleistungen voraussetzt. Dazu zählen beispielsweise Dienstleistungen im Bereich der Ladeinfrastruktur oder Intermodalität. Die Empfehlungen 4 und 5 stützen sich auf beide Szenarien, da sich die Nutzerakzeptanz, welche maßgeblich von der Umweltfreundlichkeit der Elektromobilität abhängt, in beiden Szenarien positiv entwickelt. Insbesondere End-of-Life-Solutions hängen sowohl mit Dienstleistungen (Szenario 15) als auch mit dem Batteriepreis (Szenario 6) zusammen.

Empfehlung 1: Förderung von Branchendialogen

Der Erfolg des Joint-Ventures Hubject und der Charging-Interface-Initiative zeugt von der Relevanz der branchenübergreifenden Kommunikation zwischen Akteuren der Elektromobilität. Nicht nur im Hinblick auf die Standardisierung der Ladeinfrastruktur, sondern auch unter Berücksichtigung potenzieller gemeinsamer Geschäftsmodelle sowie des kooperativen Aufbaus einer Wertschöpfungskette für Elektrofahrzeuge ist der regelmäßige und intensive Austausch zwischen den Branchen förderlich für die Entwicklung der Elektromobilität. Insbesondere der Staat sollte zum Aufbau einer Kommunikationsbasis zwischen Automobil- und Batterieherstellern, Energieversorgungsunternehmen, Dienstleistungsunternehmen und staatlichen Institutionen beitragen. Ein Beispiel für eine gelungene Kommunikationsplattform für Politik und Wirtschaft ist die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (s. Abbildung 4.7-5) (s. NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT 2017a).



Abbildung 4.7-5: Praxisbeispiel zu Branchendialogen (eigene Darstellung)

Empfehlung 2: Gezielte Förderung von Ladeinfrastruktur

Es ist von besonderer Bedeutung für den Erfolg der Elektromobilität, dass die staatlichen Investitionen in den Ausbau der Ladeinfrastruktur auf die richtige Art und Weise genutzt werden. So trägt neben der Erhöhung der Anzahl von Ladestationen erstens die Positionierung derer an frequentierten Orten zu einer Befriedigung der Nutzerbedürfnisse bei. Insbesondere Supermärkte oder Einkaufszentren, in welchen die Nutzer längere Zeit verbringen, stellen geeignete Orte zum Laden von Elektrofahrzeugen dar. Daneben sollten – angesichts der stetig steigenden Anzahl von Berufspendlern – Unternehmen bei der Errichtung von Ladestationen auf dem eigenen Grundstück unterstützt werden, da Elektrofahrzeuge für den täglichen Weg zur Arbeit sehr gut geeignet sind. Auch für Privathaushalte sollte die preisgünstige Errichtung einer Ladestation auf dem privaten Grundstück erleichtert werden.

Im Hinblick auf die verhältnismäßig geringe Reichweite von Elektrofahrzeugen ist zweitens ein Netz von Schnellladestationen entlang der Autobahnen bzw. Mobilitätskorridoren erforderlich. Dabei gilt der Grundsatz, dass mit der Geschwindigkeit der Straße auch die Ladeleistung zunehmen sollte. Als Orientierungshilfe für die Errichtung von Schnellladestationen kann das bereits von der Europäischen Kommission entwickelte *Trans-European Transport Network* (TEN-T) genutzt werden (s. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2017).

Bei der Errichtung von Ladestationen sollte drittens das Zuparken derselben durch Benzin- oder Dieselfahrzeuge, insbesondere in Innenstädten, verhindert werden. Ladesäulen sollten dazu nicht zwingend prominent neben der Einfahrt zu größeren Parkplätzen errichtet werden. Außerdem können Hinweisschilder oder Parkplatzmarkierungen platziert werden, welche gegebenenfalls Strafen für die widerrechtliche Belegung von Stellplätzen ausweisen könnten. Auch eine verstärkte Überwachung der Stellplätze mithilfe von Kameras oder unter Einbeziehung von Parkplatzkontrolleuren könnte zur Lösung des Problems beitragen.

Empfehlung 3: Förderung von Intermodalität

Nach Szenario 15 kann Intermodalität maßgeblich zum Erfolg der Elektromobilität beitragen. Digitale Dienstleistungen ermöglichen demnach einen schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln und gleichen so die Schwächen von Elektrofahrzeugen in Bezug auf Reichweite oder Ladezeit aus. Gleichzeitig können im innerstädtischen Raum die Vorteile der Geräuscharmheit und des günstigen Ansprechverhaltens den Komfort intermodaler Mobilität vergrößern. Schon heute ist, insbesondere in urbanen Regionen, ein kontinuierlicher Trend zur geteilten Nutzung von Mobilitätsmitteln zu beobachten. Neben öffentlichen Verkehrsmitteln besitzt das Carsharing ein hohes Potenzial, diesem Trend gerecht zu werden und eine intermodale Mobilität zu ermöglichen.

Um die Voraussetzungen für den Erfolg der Elektromobilität durch Intermodalität zu schaffen, ist die Ergreifung vieler verschiedener Maßnahmen notwendig. Die Anbindung von Fahrzeugnutzern an den öffentlichen Nahverkehr kann durch Mobilstationen und sogenannte Park-and-Ride-Zonen erleichtert werden. Der aktuell hohen Auslastung von häufigen „Pendlerstrecken“ sollte mit einer Erhöhung der Kapazität solcher Parkzonen und einem höher frequentierten Angebot von öffentlichen Verkehrsmitteln zu den Stoßzeiten begegnet werden. Der Weg zur Bahnstation kann beispielsweise mit einem Elektrofahrzeug, Elektrobussen oder Pedelec zurückgelegt werden. In diesem Zuge ist der vermehrte Einsatz von Elektrobussen im Innenstadtbereich sowie ein erweitertes Angebot zur Nutzung von Pedelecs sinnvoll. Letztere eignen sich insbesondere für das Zurücklegen der „letzten Meile“, müssen dazu jedoch passend in das intermodale Verkehrsnetz integriert werden.

Der Erfolg intermodaler Mobilitätsangebote hängt maßgeblich von der Verknüpfung der IKT-Schnittstellen verschiedener Anbieter ab. Bereits vorhandene Einzellösungen sollten zu

interoperablen oder vereinheitlichten Systemen zusammengeführt werden (s. BERTRAM ET AL. 2016, S. 11 f.). Dies kann beispielsweise durch übergreifende Smartphone-Applikationen geschehen, welche die Nutzerakzeptanz für intermodale Mobilität durch eine intuitive sowie schnelle Bedienung erhöhen.

Empfehlung 4: Förderung erneuerbarer Energien

Die Nutzerakzeptanz in Bezug auf Elektromobilität wird maßgeblich von der Umweltfreundlichkeit von Elektrofahrzeugen beeinflusst. Denn häufig erwächst aus dem Umweltbewusstsein der Nutzer die Bereitschaft, die Mehrkosten zu zahlen, welche beim Kauf eines Elektrofahrzeugs im Vergleich zu Benzin- und Dieselfahrzeugen entstehen (s. WIETSCHTEL ET AL. 2012, S. 16). Doch aktuell sind Elektrofahrzeuge tendenziell kaum umweltfreundlicher als Benzinfahrzeuge. Dies hängt zum einen mit der Erzeugung des Ladestroms und zum anderen mit der Batterieherstellung zusammen. Selbst wenn alle Elektrofahrzeuge ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Energien geladen würden, würde dies nicht zu einer gesamtheitlichen Verbesserung der Umweltbilanz führen, da das Fehlen umweltfreundlicher elektrischer Energie an anderer Stelle durch die Nutzung konventioneller Energieträger ausgeglichen werden müsste (vgl. UMWELT- UND PROGNOSEINSTITUT E. V. 2017). Der Erfolg der Elektromobilität würde zu einer Vergrößerung der Lastspitzen des Stromverbrauchs führen (s. Kapitel 4.7.2), welche in Deutschland häufig durch die Stromerzeugung mithilfe von Braunkohle ausgeglichen werden (s. NOBIS U. FISCHHABER 2016). Um also die Nutzerakzeptanz, ein wesentlicher Schlüsselfaktor für den Erfolg der Elektromobilität, zu steigern, sollte der Staat durch Energie- und Klimapolitik den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung in Deutschland vergrößern. Erst dann kann die Umweltfreundlichkeit als Argument für den Kauf eines Elektrofahrzeugs zum Markthochlauf der Elektromobilität beitragen.

Empfehlung 5: Förderung von End-of-Life-Solutions für Fahrzeugbatterien

Die Nutzerakzeptanz in Bezug auf Elektromobilität wird maßgeblich von der Umweltfreundlichkeit von Elektrofahrzeugen beeinflusst (s. Empfehlung 4). Bei der Herstellung einer Fahrzeugbatterie entstehen laut einer Studie des schwedischen Umweltministeriums ca. 150 bis 200 Kilogramm Kohlenstoffdioxid-Äquivalente pro Kilowattstunde. Für die Batterie eines Tesla Model S ergäbe sich daraus eine Menge von 17,5 Tonnen CO₂. Diese Umweltbelastung ist, verglichen mit dem jährlichen CO₂-Ausstoß der deutschen Verbraucher von zehn Tonnen pro Person, sehr hoch und keinesfalls zu vernachlässigen. Ein Benzinfahrzeug könnte acht Jahre lang genutzt werden, bis es eine ähnliche Umweltbelastung verursacht hätte wie die Batterieherstellung für ein Tesla Model S. Diese Amortisationsdauer beträgt bei einem kleineren Elektrofahrzeug, wie z. B. bei dem Nissan Leaf, lediglich drei Jahre. (s. DIE WELT 2017b)

Die Batterie eines Elektrofahrzeugs erreicht nach etwa acht bis zehn Jahren das Ende ihrer Einsatzfähigkeit in Elektrofahrzeugen (s. MDR 2016). Obwohl diese Dauer aktuell die durchschnittliche Nutzungsdauer eines Automobils unterschreitet, könnte aus der rasanten Entwicklung der Elektromobilität sowie der stetigen Verkürzung der Produktlebenszyklen eine kürzere Nutzungsdauer resultieren.

Neben einer Verringerung der Kapazität der Fahrzeugbatterien, welche dem Schlüsselfaktor der Reichweite widerstreben würde, bildet die Weiternutzung von Traktionsbatterien aus Elektrofahrzeugen eine Möglichkeit, um die Umweltfreundlichkeit der Elektromobilität zu steigern, den Ressourcenverbrauch der Batterieproduktion zu vermindern und perspektivisch die Kosten für Elektrofahrzeuge zu senken. Staatliche Institutionen können zum einen finanzielle Marktanreize schaffen und zum anderen die Forschung im Bereich derartiger Second-Life-Anwendungen fördern. Für die Etablierung dieser Konzepte ist eine Anpassung der gesamten Wertschöpfungskette erforderlich. Während der Nutzung einer Batterie im Elektrofahrzeug sollten Zustandsgrößen über eine standardisierte Schnittstelle abrufbar sein, um den geeigneten Zeitpunkt für den Beginn der Second-Life-Nutzung auszumachen. Ein standardisiertes Batteriedesign kann nun die Demontage der Batterie erleichtern. Schließlich sollte eine umfassende Marktanalyse durchgeführt werden, wobei neben der Erschließung besonders wirtschaftlicher Geschäftsmodelle auch eine ökologische Bewertung derselben erfolgen sollte. Insbesondere der Einsatz von Altbatterien zur Speicherung bzw. Bereitstellung von Primärregelleistung (PRL) für Energieversorgungsunternehmen und der Einsatz in Heimspeichersystemen (HSS) in Privathaushalten sind für die Second-Life-Nutzung geeignet. Insbesondere die Deckung von Lastspitzen durch Braunkohlekraftwerke (s. Empfehlung 4) könnte so vermieden werden. Es ergeben sich Einsparpotenziale von bis zu 100 Kilogramm CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde. (s. Rahimzei et al. 2016, S. 4 ff.)



5 ZUSAMMENFASSUNG UND KRITISCHE WÜRDIGUNG

In diesem letzten Kapitel werden das Verfahren und die Ergebnisse der durchgeführten Szenarioanalyse zusammengefasst und kritisch gewürdigt. Dazu werden nach einer kurzen Wiederholung der Zielsetzung erstens zu jeder Phase der durchgeführten Szenarioanalyse die Methodik und die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt. Diese werden zweitens mit den Untersuchungsergebnissen anderer Szenarioanalysen zur Elektromobilität verglichen. Drittens wird auf die Bedeutung der gewonnenen Erkenntnisse und auf Möglichkeiten zur weiteren Verwertung dieser eingegangen. Viertens erfolgt ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität.

Als Teilvorhaben des Forschungsprojekts DELFIN dient die hier durchgeführte Szenarioanalyse der Entwicklung von Zukunftsszenarien für die Entwicklung der Elektromobilität, bezogen auf den Zeitraum 2020+. Diese konsistenten Szenarien sollen sowohl mögliche Entwicklungen der Elektromobilität aufzeigen als auch eine Hilfestellung zur Entwicklung konkreter Handlungsmaßnahmen im Kontext der Elektromobilität bieten. Außerdem impliziert die Bezeichnung des Förderschwerpunkts „Dienstleistungsinnovationen für Elektromobilität“, dass insbesondere Dienstleistungen in die Entwicklung von Szenarien einbezogen werden sollten, um deren Bedeutung und Potenzial im Kontext der Elektromobilität zu analysieren.

5.1 Zusammenfassung

Für die Entwicklung von Zukunftsszenarien der Elektromobilität wurde das Verfahren der Szenarioanalyse nach REIBNITZ ausgewählt. Diese wurde in sieben Phasen durchgeführt (s. Abbildung 5.1-1). Zuvor wird jedoch der Untersuchungsbereich der Elektromobilität in ein globales und ein lokales Umfeld unterteilt. Das globale Umfeld umfasst dabei eher makroskopische und generische Einflüsse, die von außen auf die Elektromobilität wirken, während das lokale Umfeld das direkte Branchenumfeld beinhaltet. Die Unterteilung zwischen globalen und lokalen Einflussgrößen wird ausschließlich in Phase 1 und Phase 2 vorgenommen.

In Phase 1 (Identifikation von Einflussbereichen) wurden Einflussbereiche der Elektromobilität identifiziert. Einflussbereiche gliedern die Einflussgrößen innerhalb des jeweiligen Umfelds sachlogisch. Auf Grundlage der STEP-Analyse wurden die fünf globalen Einflussbereiche Politik, Ökonomie, Umwelt, Gesellschaft und Technologie identifiziert. Ferner wurden die sechs lokalen Einflussbereiche Technischer Stand, Nutzung, Mehrwertdienstleistungen, Automobilhersteller, Energiewirtschaft und Marktcharakteristik entwickelt.

Phase 2 (Identifikation von Einflussfaktoren) umfasst die Identifikation von Einflussfaktoren der Elektromobilität innerhalb der zuvor festgelegten Einflussbereiche. Zu jedem Einflussfaktor wurden eine Definition, die Bedeutung im Kontext der Elektromobilität, Wirkmechanismen

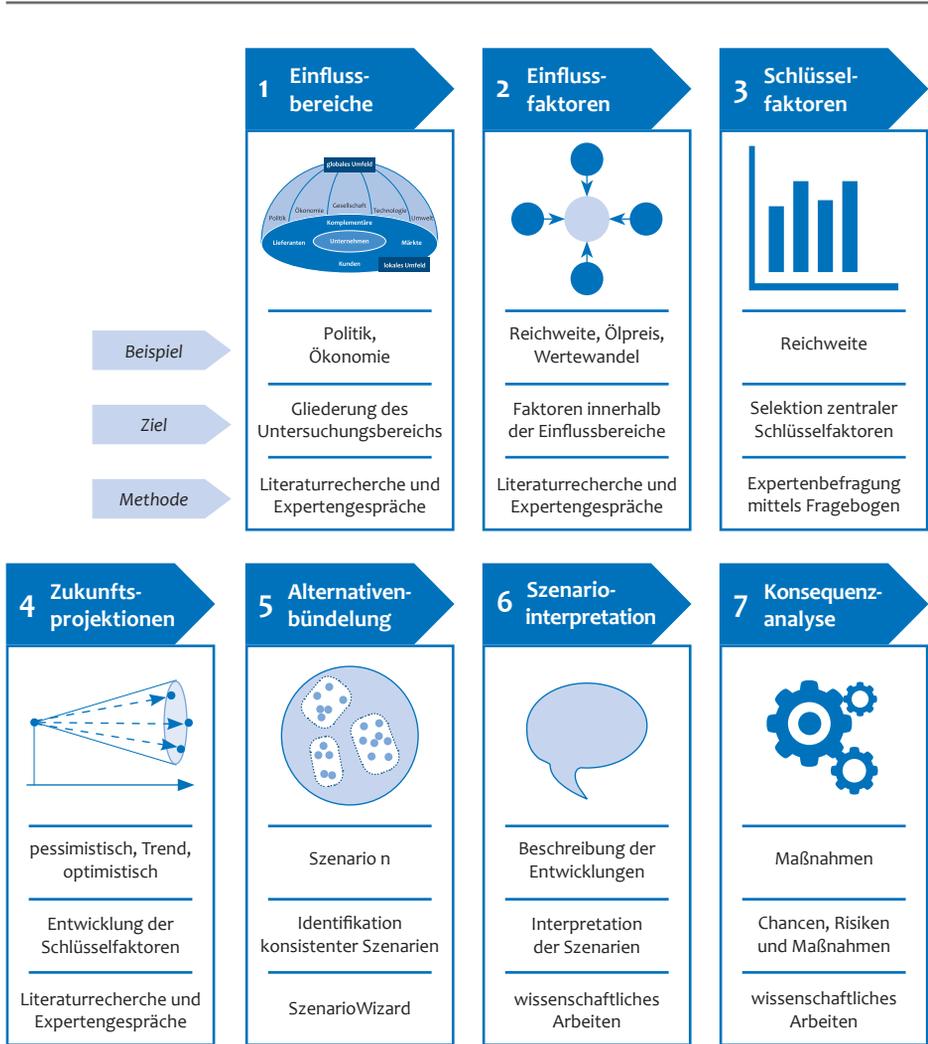


Abbildung 5.1-1: Verfahren der Szenarioanalyse (eigene Darstellung i. A .a. FINK 1999, S. 128; REIBNITZ 1992, S. 5)

(optional) und mögliche Maßnahmen zur Beeinflussung des Faktors formuliert. Insgesamt konnten 55 Einflussfaktoren, davon 29 globale und 26 lokale Faktoren, identifiziert werden (s. Abbildung 5.1-2 und Abbildung 5.1-3)

Erläuterung des Einflussbereichs	Globaler Einflussbereich	Globale Einflussfaktoren
Allgemeine und konkrete politische Rahmenbedingungen für Elektromobilität	Politik	<ul style="list-style-type: none"> • Staatliche Förderung • Gesetze • Energie- und Klimapolitik • Regulierung • Standardisierung • Steuern und Abgaben
Unmittelbares Wettbewerbsumfeld der Elektromobilität sowie die volkswirtschaftliche Entwicklung	Ökonomie	<ul style="list-style-type: none"> • Ölpreis • Strompreis • Batteriepreise • Total Cost of Ownership • Wechselkurs • Wettbewerb
Aspekte der Erhaltung der natürlichen Umwelt	Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltigkeit • Klimawandel • Umweltbewusstsein • Ressourcenverfügbarkeit • Recycling
Gesellschaftlicher Wandel (z.B. im Hinblick auf Wertvorstellungen)	Gesellschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Wertewandel • demographischer Wandel • Mobilitätsverhalten • Sensibilisierung • Urbanisierung • Metropolisierung • Nutzerakzeptanz
Inkrementeller oder radikaler technologischer Fortschritt der Elektromobilität	Technologie	<ul style="list-style-type: none"> • Antriebstechnologie • Batterietechnologie • Infrastruktur • Sicherheit • Funktionsintegration

Abbildung 5.1-2: Einflussgrößen des globalen Umfelds (eigene Darstellung)

In Phase 3 (Selektion von Schlüsselfaktoren) wurde mit der Selektion von Schlüsselfaktoren aus den Einflussfaktoren ein Zwischenziel der Entwicklung von Zukunftsszenarien erreicht. Bei einem Schlüsselfaktor handelt es sich um einen Einflussfaktor, der einen besonders starken Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität ausübt. Die Festlegung von Schlüsselfaktoren erfolgte mithilfe einer online durchgeführten Expertenbefragung. 32

Erläuterung des Einflussbereichs	Lokaler Einflussbereich	Lokale Einflussfaktoren
Technologische Merkmale eines Elektrofahrzeugs	technischer Stand	<ul style="list-style-type: none"> • Reichweite • Ladekonzepte • Ladezeit • Leichtbau • Sicherheit
Art und Weise der Nutzung von Elektrofahrzeugen	Nutzung	<ul style="list-style-type: none"> • Informationsstand • Alltagstauglichkeit eines Elektrofahrzeugs • Kosten • Image von Elektrofahrzeugen • Sichtbarkeit • gewerbliche Nutzung von Elektrofahrzeugen
Dienstleistungen, welche die Attraktivität oder Funktionalität der Elektromobilität beeinflussen	Mehrwertdienstleistungen	<ul style="list-style-type: none"> • Finanzierungsangebote • IKT-basierte Dienste • multimodale Konzepte • Verfügbarkeit von Werkstätten • privates Carsharing • Weiternutzungsdienste Batterie • neue Servicekonzepte
Verhalten von Automobilherstellern im Kontext der Elektromobilität	Automobilhersteller	<ul style="list-style-type: none"> • Modellvielfalt • eigenständige Plattform
Verhalten der Akteure der Energiewirtschaft im Kontext der Elektromobilität	Energiewirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Ladeinfrastruktur • erneuerbare Energien • Smart Grid
Wettbewerb und Kooperationen zwischen den Marktteilnehmern	Marktcharakteristik	<ul style="list-style-type: none"> • erhöhter Wettbewerb • Kooperationen • Marktdurchdringung Elektrokleinstfahrzeuge

Abbildung 5.1-3: Einflussgrößen des lokalen Umfelds (eigene Darstellung)

Experten bewerteten den Einfluss auf den Erfolg der Elektromobilität bzw. die Relevanz jedes Einflussfaktors auf einer vierstufigen äquidistanten Ordinalskala (Auswahlmöglichkeiten: sehr gering, eher gering, eher hoch, sehr hoch, Enthaltung). Die Ergebnisse wurden anschließend durch die Bildung von Mittelwerten ausgewertet. Daraus ergibt sich, dass die Politik und die Ökonomie die bedeutendsten Einflussbereiche des globalen Umfelds und der technische Stand den relevantesten Bereich des lokalen Umfelds darstellen. Insbesondere konnten jedoch 15 Schlüsselfaktoren selektiert werden, welche den Erfolg der Elektromobilität maßgeblich bestimmen (s. Abbildung 5.1-4). Die Einflüsse zwischen diesen Faktoren wurden abschließend durch eine Vernetzungsmatrix dargestellt, aus welcher eine Einordnung in aktive und passive Faktoren resultierte.

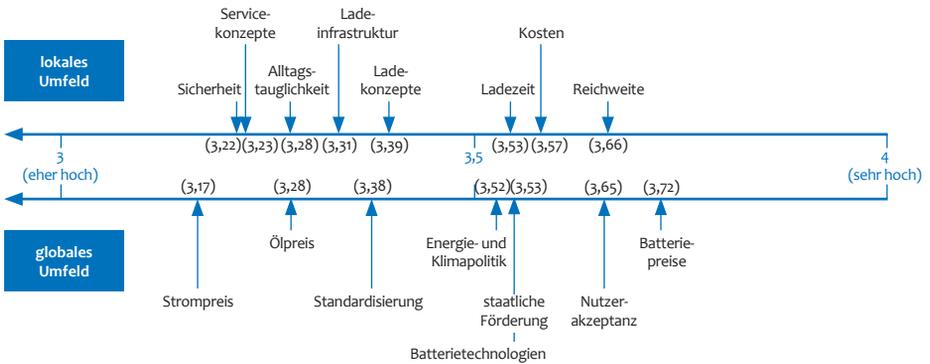


Abbildung 5.1-4: Schlüsselfaktoren der Elektromobilität (eigene Darstellung)

In Phase 4 (Entwicklung von Zukunftsprojektionen) werden für die ermittelten Schlüsselfaktoren verschiedene Zukunftsprojektionen festgelegt, welche jeweils drei mögliche Entwicklungen aufzeigen. Zunächst erfolgte die Festlegung des Ist-Zustands des jeweiligen Faktors. Anschließend wurde für diesen eine pessimistische, eine dem Trend entsprechende und eine optimistische Zukunftsprojektion entwickelt. Die Zukunftsprojektionen konnten je nach Charakter des Schlüsselfaktors quantitativ oder qualitativ hergeleitet und definiert werden.

Phase 5 (Alternativenbündelung) bildet den zentralen Schritt der Entwicklung konsistenter Szenarien aus den zuvor identifizierten Voraussetzungen. Sie bündelt die Ergebnisse aus Phase 3 und Phase 4 zu einer Cross-Impact-Matrix. In dieser werden alle Zukunftsprojektionen der Schlüsselfaktoren gegenübergestellt. Als Elemente der Matrix werden die Wahrscheinlichkeiten dafür eingetragen, dass die jeweils vertikal aufgelistete Zukunftsprojektion zum Eintreten der jeweils horizontal aufgelisteten Zukunftsprojektion führt. Diese Bewertung erfolgt innerhalb einer äquidistanten Ordinalskala zwischen den Werten „-3“ und „3“. Um nun ein zufällig ausgewähltes Szenario auf Konsistenz zu überprüfen, werden erstens alle Zeilen markiert,

welche zu den für dieses Szenario gewählten Zukunftsprojektionen gehören. Zweitens wird für jede Spalte die Summe der markierten Wahrscheinlichkeiten gebildet. Eine solche Wirkungssumme gibt an, inwiefern eine Zukunftsprojektion durch die Gesamtheit aller übrigen in diesem zufälligen Szenario auftretenden Zukunftsprojektionen gefördert oder gehemmt wird. Ein konsistentes Szenario zeichnet sich dadurch aus, dass die zu Beginn gewählte Zukunftsprojektion eines Schlüsselfaktors die höchste Wirkungssumme erreicht, dass also alle anderen Schlüsselfaktoren auf diese zukünftige Entwicklung hinwirken. Nach diesem Verfahren werden mithilfe eines Computerprogramms alle prinzipiell möglichen Szenarien auf ihre Konsistenz überprüft. Aus allen konsistenten Szenarien werden schließlich zwei Extremszenarien für die Szenariointerpretation ausgewählt. Dieses Verfahren brachte 23 konsistente Szenarien hervor, aus denen zwei Szenarien (Szenario 6 und 15) für die weitere Betrachtung ausgewählt wurden, da diese den Extremszenarien in Bezug auf Dienstleistungen entsprechen. Während sich in Szenario 6 technologische Faktoren (z. B. Reichweite) positiv und Faktoren mit Bezug zu Dienstleistungen (z. B. Ladeinfrastruktur) negativ entwickeln, stellen sich die Entwicklungen in Szenario 15 weitestgehend gegenteilig dar (s. Abbildung 5.1-5).

Szenario 6	Einflussfaktor	Szenario 15
+	Batteriepreise	-
+	Reichweite	-
+	Nutzerakzeptanz	+
+	Kosten	-
+	Ladezeit	+
-	staatliche Förderung	+
+	Batterietechnologien	-
+	Energie- und Klimapolitik	-
-	Ladekonzepte	+
-	Standardisierung	+
-	Ladeinfrastruktur	+
-	Alltagstauglichkeit	+
+	Ölpreis	-
-	neue Servicekonzepte	+
-	Sicherheit	+
+	Strompreis	-

Abbildung 5.1-5: Ausgewählte Extremszenarien (eigene Darstellung)

Phase 6 (Szenariointerpretation) umfasst die Deutung und Ausgestaltung der ausgewählten konsistenten Kombinationen von Zukunftsprojektionen. Dies erfolgt anhand der Definitionen der Zukunftsprojektionen in Phase 4, sodass die grundsätzliche Ausrichtung der Szenarien durch die Szenariointerpretation nicht verändert werden kann. Die Szenarien können durch die Szenariointerpretation auf intuitive Weise validiert werden und zu einer besseren Verständlichkeit beitragen. Es zeigte sich, dass zwei verschiedene Wege zum Erfolg der Elektromobilität führen können. Bei rasantem technologischen Fortschritt und Preisverfall werden zusätzliche Mobilitätsleistungen kaum benötigt, da Elektrofahrzeuge in diesem Fall über die Qualitäten eines Benzin- oder Dieselfahrzeugs verfügen. Solange das autonome Fahren noch nicht die Praxistauglichkeit erreicht hat, würde der Besitz eines eigenen PKW noch immer den Regelfall darstellen und Intermodalität nur eingeschränkt zur Anwendung kommen. Sollten die Reichweite, die Ladezeit und der Preis jedoch nicht in absehbarer Zeit an das Niveau eines Benzin- oder Dieselfahrzeugs heranreichen können, könnten Dienstleistungen die technologischen Mängel ausgleichen. Intermodalität als Gewohnheit und alternative Nutzungskonzepte, entsprechend dem Grundsatz „Nutzen statt besitzen“, würden den Besitz eines eigenen Elektrofahrzeugs weitestgehend obsolet werden lassen.

Phase 7 (Konsequenzanalyse) beinhaltet die Evaluierung der Konsequenzen, welche mit den ausgewählten Szenarien einhergehen. Diese wird in Bezug auf Automobilhersteller, Energieversorgungsunternehmen, Dienstleistungsunternehmen und staatliche Institutionen, welche im Marktumfeld der Elektromobilität agieren, durchgeführt. Zunächst werden Chancen und Risiken erläutert, welche sich im Allgemeinen oder szenariospezifisch für die genannten Akteure ergeben. Diese bilden anschließend die Grundlage für die Festlegung von Handlungsmaßnahmen, die neben der Maximierung des Unternehmenserfolgs gleichzeitig zum Erfolg der Elektromobilität beitragen können. Somit bietet die Konsequenzanalyse eine Hilfestellung, um die Ergebnisse der Szenarioanalyse in die praktische Anwendung zu überführen, auch wenn im Einzelfall nicht nur branchenspezifische, sondern vor allem auch unternehmensspezifische Chancen und Risiken berücksichtigt werden sollten, um geeignete Handlungsmaßnahmen festzulegen. Die aus der Konsequenzanalyse hervorgegangenen Handlungsmaßnahmen sind in Abbildung 5.1-6 dargestellt.

Akteur im Kontext der Elektromobilität	Handlungsmaßnahmen
Automobilhersteller	<ul style="list-style-type: none"> • Kooperationen eingehen • Digitalisierung des Automobils vorantreiben • erweiterbare Fahrzeugmodelle entwickeln • personalisierte Dienstleistungen entwickeln • Leistungsmerkmale den Kundenbedürfnissen anpassen • Anpassung des Vertriebs- und Servicenetzwerks
Energieversorgungsunternehmen	<ul style="list-style-type: none"> • Markenkern stetig erweitern • Stromnetz an Elektromobilität anpassen • Netzausbau digital gestalten • Netzausbau dezentral gestalten
Dienstleistungsunternehmen	<ul style="list-style-type: none"> • Start-up-Charakter wahren • schnelles Wachstum • Konkurrenzsituation kontinuierlich prüfen
Staatliche Institutionen	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung von Branchendialogen • gezielte Förderung von Ladeinfrastruktur • Förderung von intermodalen Mobilitätsdienstleistungen • Förderung erneuerbarer Energien • Förderung von End-of-Life-Solutions für Fahrzeugbatterien

Abbildung 5.1-6: *Handlungsmaßnahmen für Akteure der Elektromobilität (eigene Darstellung)*

5.2 Leitfaden zur Anwendung der Ergebnisse

Dieses Kapitel beinhaltet einen Leitfaden für die Entwicklung konkreter Handlungsmaßnahmen zur Förderung der Elektromobilität anhand der Ergebnisse dieser Szenarioanalyse. Dieser wird zunächst allgemein und anschließend anhand eines Beispiels formuliert.

Zur Entwicklung von Handlungsmaßnahmen können zum einen die in Phase 7 (Kapitel 4.7) formulierten Chancen und Maßnahmen konkretisiert werden. Darauf wird in diesem Kapitel nicht näher eingegangen. Zum anderen ist es sinnvoll, auch die übrigen Ergebnisse der Szenarioanalyse zu berücksichtigen, da in Kapitel 7 lediglich branchenspezifische Empfehlungen ausgesprochen werden. Insbesondere die entwickelten Schlüsselfaktoren und die Zukunftsszenarien können wie folgt genutzt werden:

In Kapitel 4.3.5 wurden die Schlüsselfaktoren vernetzt, indem für jeden Schlüsselfaktor die Gesamtheit der Beeinflussung durch andere Faktoren als Passivsumme und die Gesamtheit des Einflusses auf andere Faktoren als Aktivsumme gebildet wurden. Bei der Entwicklung von Handlungsmaßnahmen können aktive bzw. ambivalente Faktoren eine weitaus größere Hebelwirkung erzielen als passive Faktoren, welche nur einen geringen Einfluss auf den Erfolg der Elektromobilität ausüben. Letztere können hingegen als Indikatoren genutzt werden, da sie von vielen wesentlichen Faktoren der Elektromobilität beeinflusst werden. Insbesondere für Maßnahmen, die einer gesamtheitlichen Förderung der Elektromobilität dienen sollen (z. B. staatliche Maßnahmen), können die vernetzten Schlüsselfaktoren auf diese Weise eine wichtige Hilfestellung bieten. Des Weiteren können die entwickelten Szenarien (s. Kapitel 4.5) die Eingrenzung der zukünftigen Entwicklungsverläufe erleichtern. Idealerweise bewegen sich alle theoretisch möglichen Entwicklungen innerhalb des von den Szenarien aufgespannten Prognosehorizonts bzw. Szenariotrichters (s. Kapitel 2), sodass bei einer Abweichung vom gewünschten Verlauf „Kurskorrekturen“ in Richtung des einen oder des anderen Szenarios vorgenommen werden können. Diese orientieren sich an den Zukunftsprojektionen, welche für die jeweiligen Extremszenarien festgelegt worden sind. Bei der Entwicklung einer Leitstrategie kann insgesamt die Berücksichtigung der Schlüsselfaktoren zur Effizienz von Handlungsmaßnahmen, das heißt zu einem vertretbaren Kosten-Nutzen-Verhältnis, beitragen. Die Einbeziehung der Extremszenarien gewährleistet hingegen die Effektivität von Maßnahmen, sodass bei Anwendung eine richtig gerichtete Beeinflussung des Unternehmensumfelds resultiert.

Im Folgenden wird ein Beispiel für eine an den Ergebnissen der Szenarioanalyse orientierten staatlichen Handlungsmaßnahme angeführt. Die Nationale Plattform für Elektromobilität (NPE) formuliert auf ihrer Webseite die Zielsetzung, „über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg, von den Batterien bis zu internetbasierten Dienstleistungen“ die technologische Vorreiterrolle deutscher Hersteller anzustreben (Nationale Plattform Elektromobilität 2017c). Es sei nun also

die Förderung von Dienstleistungen mit dem Hintergrund der gesamtheitlichen Förderung der Elektromobilität ein staatliches Ziel. Um nun anhand der Ergebnisse der Szenarioanalyse eine für diese Zielsetzung geeignete Maßnahme auszuwählen, werden die folgenden Handlungsschritte durchgeführt: Erstens werden besonders effektive Maßnahmen identifiziert. Dazu wird das mit dem Ziel übereinstimmende Extremszenario ausgewählt. In diesem Fall erscheint das Szenario 15 (s. Kapitel 4.5) als geeignet, da in diesem Dienstleistungen den Durchbruch der Elektromobilität ermöglichen. Die zu entwickelnde Handlungsmaßnahme sollte auf die Erreichung dieses Szenarios ausgerichtet sein. So könnte beispielsweise eine Handlungsmaßnahme innerhalb der Leitstrategie auf die „Standardisierung“ abzielen, da sich diese im Rahmen des Szenarios positiv entwickelt (s. Tabelle 4.5-1). Um nun aus diesen qualitativen Handlungsempfehlungen diejenigen auszuwählen, welche die Elektromobilität besonders effizient beeinflussen, werden für eine grobe Analyse das in Phase 3 entwickelte System-Grid (s. Tabelle 4.2-3) und für eine Feinanalyse die in Phase 5 entwickelte Cross-Impact-Matrix (s. Anhang E) herangezogen. Das System-Grid stellt die Schlüsselfaktoren anhand ihrer Aktiv- und Passivsumme graphisch gegenüber und ermöglicht so die Auswahl von Faktoren, deren positive Beeinflussung sich besonders effizient auf die Elektromobilität auswirken. So zeichnet sich der Faktor „Standardisierung“ beispielsweise durch eine besonders hohe Aktivsumme aus. Gleichzeitig suggeriert die niedrige Passivsumme eine schlechte Beeinflussbarkeit durch Faktoren der Elektromobilität. Die Cross-Impact-Matrix bestätigt, dass sich eine positive Entwicklung der Standardisierung positiv auf die Nutzerakzeptanz (Bewertung: 3) und die Alltagstauglichkeit (Bewertung: 2) auswirkt, welche wichtige Zielgrößen bei der gesamtheitlichen Förderung der Elektromobilität darstellen. Außerdem lässt sich der Faktor lediglich durch neue Servicekonzepte effizient beeinflussen. Nachdem nun also der Faktor „Standardisierung“ als effektiver und effizienter Angriffspunkt für eine dienstleistungsbezogene Handlungsmaßnahme identifiziert worden ist und somit klar ist, was beeinflusst wird, stellt sich ferner die Frage, auf welche Art und Weise dieser Faktor beeinflusst wird. Dazu kann z. B. der in Phase 4 formulierte Ist-Zustand des Faktors mit der optimistischen Zukunftsprojektion verglichen werden, um Optimierungsbedarf und potenzial zu analysieren. Auch die in Phase 2 zu jedem Einflussfaktor formulierten Wirkmechanismen sollten Berücksichtigung finden.

Die in dieser Szenarioanalyse gewonnenen Erkenntnisse können nach REIBNITZ genutzt werden, um entsprechend der Störereignisanalyse (s. Kapitel 2.3.7) und dem Szenariotransfer (s. Kapitel 2.3.8) Leitstrategien für Akteure der Elektromobilität zu entwickeln. Die Störereignisanalyse umfasst die Festlegung von Präventiv- und Reaktivmaßnahmen für den Fall einer Abweichung von der erwarteten Entwicklung der Elektromobilität. Typische Präventivmaßnahmen sind eine Risikostreuung in der Kundengruppe oder andere Diversifikationen in Bezug auf den Geschäftszweck. (s. REIBNITZ 1992, S. 62 f.) Die Entwicklung unternehmensspezifischer „PR-Notprogramme“ bildet eine sinnvolle Reaktivmaßnahme (s. REIBNITZ 1992, S. 64). Derartige Handlungsempfehlungen können anschließend in die Entwicklung einer Leitstrategie implementiert werden, welche Maßnahmen für alle potenziell möglichen Entwicklungsverläufe

vorsieht und so den Erfolg des Unternehmens unter allen Umständen gewährleistet. Abbildung 5.2-1 stellt schematisch die Vorgehensweise bei der Entwicklung von Handlungsmaßnahmen mithilfe der Szenarioanalyse dar.

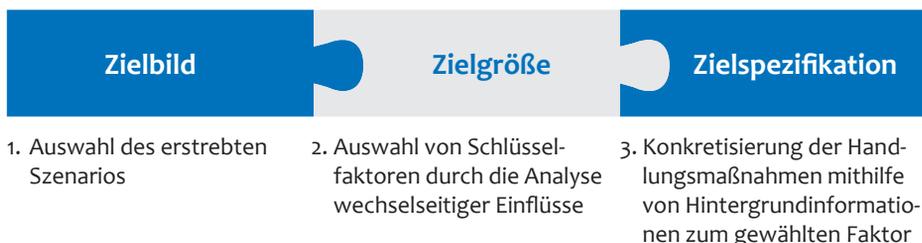


Abbildung 5.2-1: *Entwicklung von Handlungsmaßnahmen mithilfe der Szenarioanalyse (eigene Darstellung)*

5.3 Vergleich mit bisherigen Szenarioanalysen

Vor der Durchführung der Szenarioanalyse erfolgte in Kapitel 3 die Untersuchung bisheriger Szenarioanalysen im Hinblick auf relevante Einflussfaktoren der Elektromobilität. Diese wurden in Kapitel 3.7 zusammengeführt. Der Vergleich mit den in Kapitel 4 entwickelten Einfluss- und Schlüsselfaktoren offenbart einige inhaltliche Gemeinsamkeiten, jedoch auch wesentliche Unterschiede, welche im Folgenden erläutert werden.

Bei der Gegenüberstellung des bisherigen Stands der Forschung mit den identifizierten Einflussfaktoren zeigt sich, dass insbesondere Faktoren in den Bereichen Dienstleistungen, Technologie und Ökonomie bislang nur geringfügig berücksichtigt worden sind. Die Faktoren der Kosten und der Mobilitätsoptionen werden hingegen auf deutlich diversifiziertere Weise berücksichtigt, als dies in der durchgeführten Szenarioanalyse geschehen ist. Gemeinsamkeiten ergeben sich insbesondere bezüglich der gesellschaftlichen und politischen Faktoren.

Der Vergleich zwischen dem Stand der Forschung und den selektierten Schlüsselfaktoren zeigt, dass in etwa die Hälfte der Faktoren übereinstimmt. Dies trifft auf die Faktoren Öl- und Strompreis (Energiepreise), Batterietechnologien, Standardisierung, Kosten, Energie- und Klimapolitik bzw. Umweltregulierung, staatliche Förderung bzw. politische Fördermaßnahmen, Ladeinfrastruktur und neue Servicekonzepte bzw. Mobilitätsdienstleistungen zu. In bisherigen Szenarioanalysen kaum berücksichtigt werden hingegen die als äußerst relevant bewerteten Faktoren Batteriepreise, Reichweite, Ladezeit und Ladekonzepte. Der gesellschaftlichen Entwicklung, der Ladeinfrastruktur und dem Mobilitätsverhalten wird in bisherigen Szenarioanalysen eine größere Bedeutung beigemessen.

Der Vergleich zeigt, dass bei der Bestimmung von Einflussfaktoren die Bereiche der Dienstleistungen und der Technologie stärker berücksichtigt worden sind als dies in bisherigen Szenarioanalysen der Fall war. Aus diesen beiden Themengebieten verbleiben nach der Selektion von Schlüsselfaktoren jedoch lediglich die technologiespezifischen Faktoren, da der Einflussbereich Mehrwertdienstleistungen die geringste Bewertung von allen Bereichen erhielt (s. Kapitel 4.3.3). In bisherigen Szenarioanalysen werden die gesellschaftliche Entwicklung, die Ladeinfrastruktur sowie das Mobilitätsverhalten der Nutzer stärker berücksichtigt.

5.4 Kritische Würdigung der Ergebnisse

In sieben Handlungsschritten konnte in dieser Szenarioanalyse das Ziel erreicht werden, zwei konsistente, vernetzte und komplexe Extremszenarien für die Entwicklung der Elektromobilität zu entwerfen, welche eine Ableitung von konkreten Handlungsmaßnahmen erlauben. Des Weiteren konnten mithilfe von Expertenmeinungen Schlüsselfaktoren für die Entwicklung der Elektromobilität identifiziert werden, welche eine wesentliche Hilfestellung für die strategische Ausrichtung eines Akteurs im Kontext der Elektromobilität darstellen. Die Chancen des Einsatzes von Dienstleistungen im Kontext der Elektromobilität konnten durch eine Berücksichtigung sämtlicher Einflussfaktoren gezeigt werden. Die Ergebnisse der Szenarioanalyse bieten großes Potenzial im Hinblick auf ihre praktische Anwendung und können nicht nur zur allgemeinen Zielbildung, sondern auch zur Entwicklung einer Leitstrategie mit spezifischen Handlungsmaßnahmen beitragen (s. Kapitel 5.2).

Die Handlungsschritte der durchgeführten Szenarioanalyse orientieren sich an der wissenschaftlichen Methodik der Szenariotechnik nach REIBNITZ. Ausgehend von einer empirischen Datengrundlage, welche insbesondere auf einer Expertenbefragung zu den Schlüsselfaktoren der Elektromobilität basiert, wurden mithilfe der wissenschaftlichen, quantitativen Methode der Konsistenzanalyse (s. Kapitel 4.5) belastbare Ergebnisse erzielt.

Da die durchgeführte Szenarioanalyse eine vornehmlich makroskopische Untersuchungsperspektive anwendet, besteht je nach Anwendungsfall weiterer Forschungsbedarf. Für die Umsetzung der Handlungsmaßnahmen durch Unternehmen ist beispielsweise eine branchenspezifische Betrachtung nicht ausreichend. Für die praktische Anwendung sollten immer auch die Voraussetzungen des Unternehmensumfelds sowie die Fähigkeiten und Ziele des jeweiligen Unternehmens mit einbezogen werden. Ferner berücksichtigen die Ergebnisse der Szenarioanalyse nur bedingt Aspekte der technischen und finanziellen Spezifikation der Umsetzung und beschränken sich vornehmlich auf batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die durchgeführte Szenarioanalyse erfolgreich zwei mögliche Szenarien für die Elektromobilität entwickelt hat, welche als Hilfestellung für die Festlegung zukünftiger Handlungsmaßnahmen dienen können. Eines dieser Szenarien zeigt auf,

dass Dienstleistungen einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Elektromobilität leisten können, indem sie eine Brückenfunktion zwischen Technologie und Wirtschaft übernehmen und durch ein neues Mobilitätskonzept mögliche technologische Nachteile gegenüber Benzin- und Dieselfahrzeugen ausgleichen. Jedoch ist auch ohne Dienstleistungen ein Durchbruch der Elektromobilität möglich, indem rasante technologische Fortschritte zu maßgeblichen Wettbewerbsvorteilen des Elektrofahrzeugs führen. Auch wenn die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität aktuell weitestgehend unabsehbar ist und bis zur vollständigen Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen noch viele Herausforderungen bewältigt werden müssen, können schon heute Szenarien als Zielbilder die Handlungen jedes einzelnen Akteurs der Elektromobilität in die bestmögliche Richtung lenken und somit einen Beitrag dazu leisten, das Auto „neu zu denken“.

ANHANG

A. Anteil V2G-fähiger Fahrzeuge für die Szenarien der Begleitforschungsstudie Elektromobilität

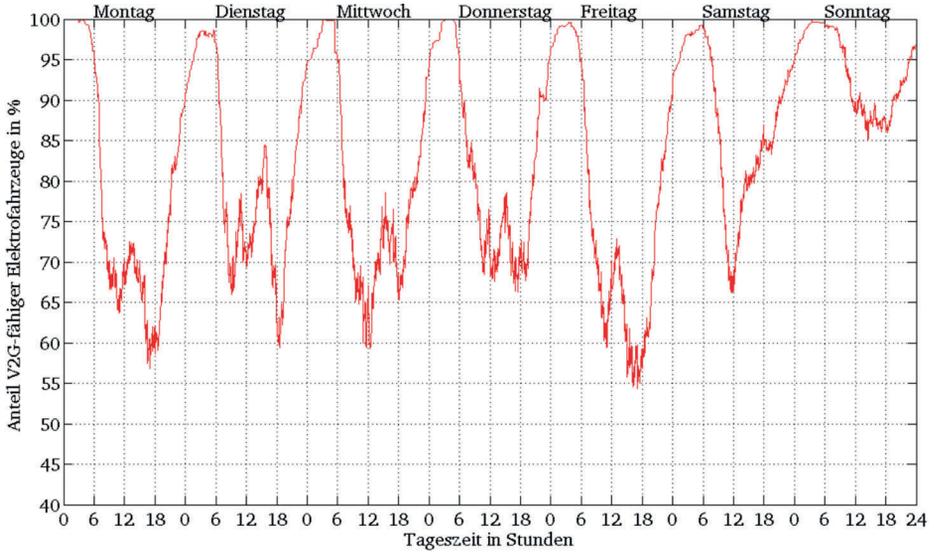


Abbildung A-1: Anteil V2G-fähiger Elektrofahrzeuge in Szenario 1 mit einer Tagesfahrleistung von unter 100 km (HARTKOPF ET AL. 2010, S. 38)

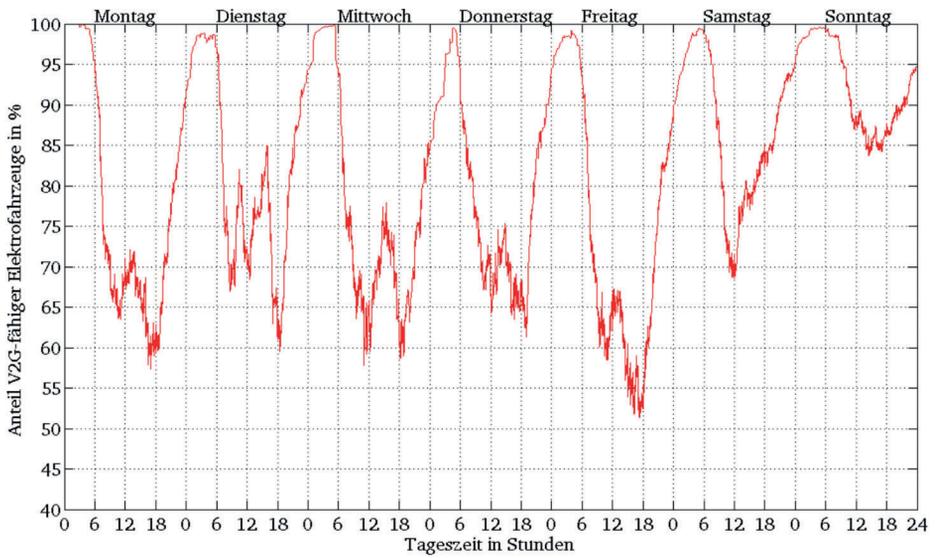


Abbildung A-2: Anteil V2G-fähiger Elektrofahrzeuge in Szenario 1 mit einer Tagesfahrleistung von unter 150 km (HARTKOPF ET AL. 2010, S. 39)

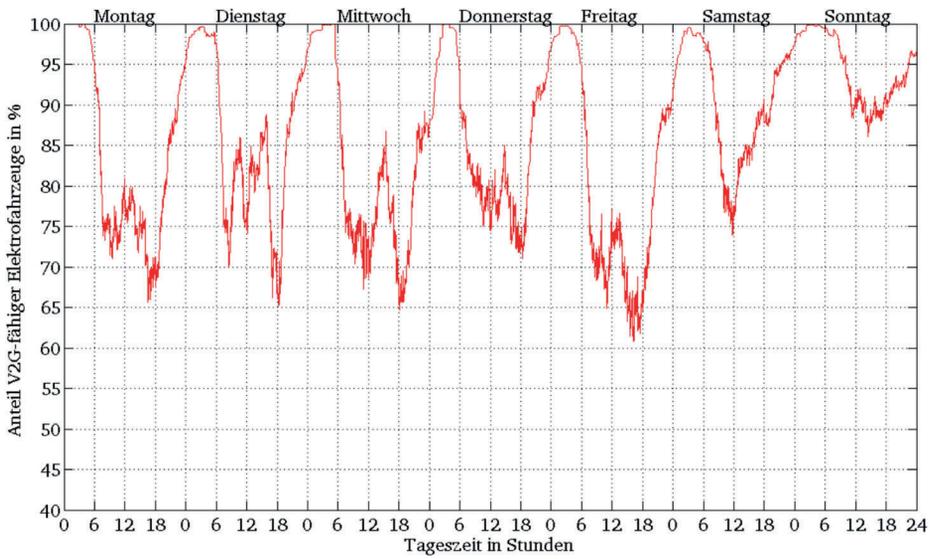


Abbildung A.3: Anteil V2G-fähiger Elektrofahrzeuge in Szenario 3 mit einer Tagesfahrleistung von unter 250 km (HARTKOPF ET AL. 2010, S. 40)

B. Teilnehmerliste der Expertenbefragung

Vorname	Nachname	Unternehmen / Institution
Roman	Suthold	ADAC
Carsten	Walloschke	Ing.-Büro Energieeffizienz
Thomas	Herbst	Volkswagen AG
Cornelius	Sommerfeld	NASA GmbH
Viktor	Müller	ProGenium
Lisa	Hebenstreit	RWE
Mehmet Ali	Sener	Daimler AG
Kolja	Högemeier	Ox4S GmbH
Julia	Vidal	BMW
Sabine	Hannert	BEM e. V.
Sophia	von Berg	TU Clausthal
Benjamin Wagner	von Berg	Schaufenster Elektromobilität
Max	Nastold	E-Motion-Line
Florian	Strunk	Energieagentur
W.	Backhaus	Rupprecht Consult
Rosemarie	Fryzowicz	P3 Group
Gisela	Warmke	Cambio Aachen
Georg	Werdermann	CIVITAS Aachen
Thomas	Fojcik	Uni Duisburg
Peter	Wuestnienhaus	DLR
Sven	Strube	Lautlos durch Deutschland
Thomas	Cerbe	Institut Verkehrsmanagement
Marcus	Lang	Bosch
Sören	Glöde	ACCumotive GmbH

Abbildung B-1: Teilnehmerliste der Expertenbefragung (s. Kapitel 4.3.1) (eigene Darstellung)

Die Expertenbefragung wurde zusätzlich von acht Teilnehmern aus dem Automobilbereich durchgeführt, die nicht namentlich genannt werden möchten.

C. Vorgeschlagene Einflussbereiche verschiedener Autoren

Autor	Politik	Umwelt	Gesellschaft	Technologie	Ökonomie
Aguilar (1967)	political	–	social	technological	economic
Bertram & Bongard (2014)	energie-politische Einfluss-faktoren	–	–	technische Einfluss-faktoren	–
Claudiu (2011)	Politics & Legal Environment	natural & neographic environment	demographic & cultural environment	technologic environment	economic environment
Brokrate et al. (2013)	regula-torische Faktoren	–	–	–	ökonomische Faktoren
Fahey & Narayanan (1986)	political/ regulatory	–	social / cultural	Technology/ Innovation	Economic/ Productive
Grant (2013)	Government & Political forces	Natural environment	Demo-graphics & Social forces	Technology	National / International Economy
Pearce-Robinson (2009)	political	ecological	social	technological	economic
Schaedel (2008)	politisch-rechtliche Umwelt	natürliche Umwelt	sozio-kulturelle Umwelt	technologi-sche Umwelt	makroöko-nomische Umwelt
Schwedes (2011)	Politik	Umwelt	Gesellschaft	Technologie	Wirtschaft
Stuntebeck (2010)	Politische & Legislative EF	–	soziale Einfluss-faktoren	technolo-gische EF	ökonomische EF
Trommsdorf (2005)	Politik & Gesetz	Umwelt	Kultur & Gesellschaft	Technologie	Wirtschaft & Märkte

Abbildung C-1: Autoren zur Identifikation globaler Einflussbereiche (s. Kapitel 4.1.1) (eigene Darstellung)

D. Berechnungen zur Zukunftsprojektion des Schlüsselfaktors ‚Ladezeit‘

Ladeleistung (kW)	Ladezeit (min)	
	2015	2020
3,7	432	837
7	229	442
11	145	282
22	73	141
50	32	62
60	27	52
80	20	39
100	16	31
120	13	26
150	11	21
200	8	15
350	5	9

Annahmen:

Batteriekapazität: 30 kWh (2015)
60 kWh (2020)

Ladewirkungsgrad 90 Prozent (2015)
93 Prozent (2020)

Abbildung D-1: Minimale Ladezeit bis zum Erreichen eines Ladeniveaus von 80 Prozent (s. Kapitel 4.4.5) (eigene Darstellung)

D. Berechnungen zur Zukunftsprojektion des Schlüsselfaktors ‚Ladezeit‘

	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		O		P						
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
A. Batteriepreise	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		3 -1 -2		3 -1 -2		0 0 0		-1 0 1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		-1 0 1		0 0 0		1 0 -1					
	pessimistisch	0 0 0		-1 -2 -1		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		2 0 -2		0 0 0		-1 0 -1			
	0 0 0	-2 -1 -3		-2 -1 -3		0 0 0		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 0 -1					
B. Reichweite	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		3 -1 -2		0 0 0		-1 0 1		0 0 0		0 0 0					
	pessimistisch	0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0			
	0 0 0	-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0			
C. Nutzerakzeptanz	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		0 0 0		0 0 0			
	pessimistisch	0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0	
	0 0 0	0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 0 1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0	
D. Kosten	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		-2 0 2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 0 1		0 0 0		0 0 0			
	pessimistisch	0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0	
	0 0 0	0 0 0		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		2 0 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		2 0 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0	
E. Ladezeit	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0			
	pessimistisch	0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0	
	0 0 0	0 0 0		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0	
F. Staatliche Förderung	optimistisch																																				
	Trend	1 0 -1		0 0 0		1 0 -1		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		2 0 -2		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0			
	pessimistisch	0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0	
	-1 0 -1	0 0 0		-1 0 -1		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-2 0 -2		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0	
G. Batterietechnologie	optimistisch																																				
	Trend	3 -1 -2		3 -1 -2		0 0 0		2 0 -2		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		2 0 -2		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		2 0 -2		0 0 0		1 0 -1		3 -1 -2		1 0 -1		1 0 -1			
	pessimistisch	-1 -2 -1		-1 -2 -1		0 0 0		-1 -2 -1		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		-1 -2 -1	
	-2 -1 -3	-2 -1 -3		0 0 0		-2 0 -2		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-2 0 -2		0 0 0		-1 0 -1		2 0 -2		0 0 0		-1 0 -1		3 -1 -2		-1 0 -1		-1 0 -1		-1 0 -1			
H. Energie- und Klimapolitik	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		0 0 0		2 0 -2		1 0 -1		0 0 0		3 0 -3		1 0 -1		0 0 0		2 0 -2		3 -1 -2		0 0 0		3 -1 -2		1 0 -1		1 0 -1		1 0 -1		3 -1 -2		1 0 -1			
	pessimistisch	0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		-1 0 -1		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		-1 0 -1		0 0 0		-1 -2 -1		-1 -2 -1		0 0 0		-1 -2 -1		-1 0 -1		-1 0 -1		-1 0 -1		-1 -2 -1		-1 -2 -1	
	0 0 0	0 0 0		-2 0 -2		-1 0 -1		0 0 0		-3 0 -3		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		-2 -1 -3		0 0 0		-2 -1 -3		-1 0 -1		-1 0 -1		-1 0 -1		-1 -2 -1		-2 -1 -3			
I. Ladekonzepte	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		0 0 0		2 0 -2		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		2 0 -2		1 0 -1		2 0 -2		0 0 0		2 0 -2		2 0 -2		0 0 0			
	pessimistisch	0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		-1 -2 -1		-1 -2 -1		-1 -2 -1		0 0 0	
	0 0 0	0 0 0		-2 0 -2		0 0 0		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-2 0 -2		-1 0 -1		-2 0 -2		0 0 0		-2 0 -2		-2 0 -2		-2 0 -2		0 0 0			
J. Standardisierung	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		2 0 -2		2 0 -2		0 0 0		2 0 -2		2 0 -2		0 0 0			
	pessimistisch	0 0 0		-1 -2 -1		-2 -1 -3		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		-1 -2 -1		0 0 0		-1 -2 -1		-1 -2 -1		-1 -2 -1		0 0 0	
	0 0 0	0 0 0		-2 -1 -3		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		-2 0 -2		-2 0 -2		0 0 0		-2 0 -2		-2 0 -2		-2 0 -2		0 0 0			
K. Ladeinfrastruktur	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0			
	pessimistisch	0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0	
	0 0 0	0 0 0		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		-1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0			
L. Alltagstauglichkeit	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		2 0 -2		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0			
	pessimistisch	0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0	
	0 0 0	0 0 0		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-2 0 -2		0 0 0		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0			
M. Ölpreis	optimistisch																																				
	Trend	-1 0 -1		0 0 0		2 -1 -2		-2 0 2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-2 -1 -3			
	pessimistisch	0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		-1 -2 -1	
	1 0 -1	0 0 0		-1 -1 -2		2 0 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		3 -1 -2			
N. Neue Servicekonzepte	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		2 0 -2		0 0 0		1 0 -1		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		2 0 -2		0 0 0		0 0 0			
	pessimistisch	0 0 0		-1 -2 -1		-2 -1 -3		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		0 0 0		0 0 0		-1 -2 -1		-2 -1 -3		0 0 0		-1 -2 -1		-2 0 -2		0 0 0		0 0 0	
	0 0 0	0 0 0		-2 -1 -3		-2 -1 -3		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		-2 0 -2		0 0 0		-1 0 -1		-1 0 -1		-2 -1 -3		0 0 0		-2 0 -2		-2 0 -2		-2 0 -2		0 0 0			
O. Sicherheit	optimistisch																																				
	Trend	0 0 0		0 0 0		3 -1 -2		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		0 0 0		0 0 0		0 0 0		0 0 0		1 0 -1		3 -1 -2		0 0 0		2 0 -2		0 0 0		0 0 0		0 0 0			
	pessimistisch																																				

F. Konsistente Szenarien der Elektromobilität

Szenario Nr. 1	Szenario Nr. 2	Szenario Nr. 3	Szenario Nr. 4	Szenario Nr. 5	Szenario Nr. 6	Szenario Nr. 7	Szenario Nr. 8	Szenario Nr. 9	Szenario Nr. 10	Szenario Nr. 11
Batteriepreise: optimistisch							Batteriepreise: pessimistisch	Batteriepreise: optimistisch	Batteriepreise: Trend	
Reichweite: optimistisch							Reichweite: pessimistisch	Reichweite: optimistisch	Reichweite: Trend	
Nutzerakzeptanz: optimistisch						Nutzerakzeptanz: pessimistisch	Nutzerakzeptanz: Trend			
Kosten: optimistisch							Kosten: Trend			
Ladezeit: optimistisch						Ladezeit: pessimistisch			Ladezeit: optimistisch	Ladezeit: Trend
Staatliche Förderung: optimistisch	Staatl. Förd.: Trend	Staatl. Förderung: pessim.	Staatl. Förderung: Trend	Staatliche Förderung: pessimistisch		Staatliche Förderung: Trend				
Batterietechnologie: optimistisch							Batterietechnologie: pessimistisch	Batterietechnologie: optimistisch	Batterietechnologie: Trend	
Energie- und Klimapolitik: optimistisch							Energie- und Klimapolitik: Trend			
Ladekonzepte: optimistisch	Ladekonzepte: Trend			Ladekonzepte: pessimistisch		Ladekonzepte: optimistisch	Ladekonzepte: pessimist.	Ladekonzepte: Trend		
Standardisierung: optimistisch	Standardisierung: Trend			Standardisierung: pessimistisch		Standardisierung: Trend				
Ladeinfrastruktur: optimistisch			Ladeinfrastruktur: Trend	Ladeinfrastruktur: pessimistisch		Ladeinfrastruktur: Trend				
Alltagstauglichkeit: optimistisch			Alltagstauglichkeit: Trend	Alltagstauglichkeit: pessimistisch		Alltagstauglichkeit: optimistisch	Alltagstauglichkeit: Trend			
Ölpreis: optimistisch							Ölpreis: Trend			
Neue Servicekonzepte: optimistisch	Neue Servicekonzepte: Trend			Neue Servicekonzepte: pessimistisch		Neue Servicekonzepte: optimistisch		Neue Servicekonzepte: Trend		
Sicherheit: optimistisch	Sicherheit: Trend			Sicherheit: pessimistisch		Sicherheit: optimistisch		Sicherheit: Trend		
Strompreis: optimistisch							Strompreis: Trend			

Abbildung F-1: Konsistente Szenarien der Elektromobilität (s. Kapitel 4.5) (eigene Darstellung)

Szenario Nr. 12	Szenario Nr. 13	Szenario Nr. 14	Szenario Nr. 15	Szenario Nr. 16	Szenario Nr. 17	Szenario Nr. 18	Szenario Nr. 19	Szenario Nr. 20	Szenario Nr. 21	Szenario Nr. 22	Szenario Nr. 23	
Batteriepreise: pessimistisch	Batteriepreise: optimistisch		Batteriepreise: pessimistisch									
Reichweite: pessimistisch	Reichweite: optimistisch		Reichweite: pessimistisch									
Nutzerakzeptanz: Trend			Nutzerakzeptanz: optimistisch	Nutzerakzeptanz: pessimistisch								
Kosten: Trend			Kosten: pessimistisch									
Ladezeit: pessimistisch	Ladezeit: optimistisch			Ladezeit: pessimistisch	Ladezeit: optimistisch	Ladezeit: pessimistisch						
Staatliche Förderung: Trend			Staatliche Förderung: optimistisch				Staatl. Förderg: Trend	Staatliche Förderung: optimistisch	Staatl. Förderg: Trend	Staatl. Förderg: pessim.		
Batterietechnologie: pessimistisch	Batterietechnologie: optimistisch		Batterietechnologie: pessimistisch									
Energie- und Klimapolitik: Trend			Energie- und Klimapolitik: pessimistisch									
Ladekonzepte: Trend	Ladekonzepte: pessimistisch		Ladekonzepte: optimistisch				Ladekonzepte: Trend	Ladekonzepte: pessimistisch				
Standardisierung: Trend			Standardisierung: optimistisch	Standardisierung: Trend				Standardisierung: pessimistisch				
Ladeinfrastruktur: Trend			Ladeinfrastruktur: optimistisch	Ladeinfrastruktur: Trend			Ladeinfrastruktur: pessimistisch					
Alltagstauglichkeit: Trend	Alltagstauglichkeit: optimistisch	Alltagstauglichkeit: pessimistisch	Alltagstauglichkeit: optimistisch				Alltagstauglichkeit: Trend	Alltagstauglichkeit: pessimistisch				
Ölpreis: Trend			Ölpreis: pessimistisch									
Neue Servicekonzepte: Trend	Neue Servicekonzepte: pessimistisch		Neue Servicekonzepte: optimistisch				Neue Servicekonzepte: Trend	Neue Servicekonzepte: pessimistisch				
Sicherheit: Trend	Sicherheit: pessimistisch		Sicherheit: optimistisch				Sicherheit: Trend	Sicherheit: pessimistisch				
Strompreis: Trend			Strompreis: pessimistisch									

6 LITERATURVERZEICHNIS

ADAC (Hrsg.): Kostenvergleich: E-Autos mit Benziner und Diesel. 2015. https://www.adac.de/infotestrat/adac-im-einsatz/motorwelt/e_auto_kostenvergleich.aspx (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

AGUILAR, F.: Scanning the Business Environment. Macmillan, New York 1967

AHREND, C.: [Studie]E-Mobility 2025. Szenarien für die Region Berlin. Teilvorhaben Szenarioanalyse (AP 4.1). Projektnummer: 01ME09013. Berlin 2011. https://www.ivp.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Forschung/Projekte/e-mobility/Szenariobericht_TU_Berlin_final.pdf (zuletzt geprüft: 27.02.2018).

ALBRECHT, T.; KRAUSE, C.: [Positionspapier]Elektromobilität und Sicherheit. Hrsg.: VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E. V. 2013. https://m.vdi.de/fileadmin/vdi_de/news_bilder/Pressemitteilungen/13-11_Elektromobilitaet_und_Sicherheit.pdf (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

ANSORGE, B. ET AL.: Smart Wheels: Mobil im Internet der Energie. Edition Forschung; Bd. 10. Hrsg.: G. Schuh; V. Stich. FIR e. V. an der RWTH Aachen, Aachen 2013.

ANSORGE, B.; KOLZ, D.: DELFIN: Dienstleistungen für Elektromobilität. Förderung von Innovationen und Nutzerorientierung. In: UdZ – Unternehmen der Zukunft 14(2013)3, S. 17–19.

ARAL (Hrsg.): Aral-Studie: Trends beim Autokauf. Bochum 2015. <https://www.aral.de/content/dam/aral/Presse%20Assets/pdfs%20Brosch%C3%BCren/trends-beim-autokauf-2015.pdf> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

ARBEITSKREIS SMART SERVICE WELT (Hrsg.): [Abschlussbericht]Smart-Service-Welt. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt ‚Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft‘. 2015. http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Projekte/Laufende_Projekte/Smart_Service_Welt/Smart_Service_Welt_2015/BerichtSmartService2015_D_lang_bf.pdf (zuletzt geprüft: 26.02.2018)

A. T. KEARNEY INC. (Hrsg.): Fuel-Thrifty, Clean, Electric. The race for the powertrain of the future. Chicago 2009. http://www.atkearney.de/documents/10192/311611/Fuel-Thrifty_Clean_Efficient_4.pdf/6f86dbb2-caa7-4d51-9039-daf4303dc15f (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

AUSTRIATECH (Hrsg.): [Monitoringbericht]Elektromobilität 2014. Wien, März 2015. https://www.bmvit.gv.at/verkehr/elektromobilitaet/downloads/emobil_monitoring_2015.pdf (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BARRÉ, R.: Paper 7: Participative and Coherent Scenario building: An Input/ Output Balance Model. The Case of the French National Futuris Operation. In: [Proceedings]: EU-US-Seminar: New Technology Foresight, Forecasting and assessment methods. Sevilla, 13. – 14. Mai 2004. <http://forera.jrc.ec.europa.eu/fta/papers/Session%203%20Models%20and%20Voices/Participative%20&%20Coherent%20Scenario%20building.pdf> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BARTHOLL, C. ET AL.: Future eMobility: Rechtliche Aspekte. Hrsg.: TAYLOR WESSING. München 2012. <https://deutschland.taylorwessing.com/documents/get/104/future-emobility-rechtliche-aspekte.pdf> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BCG – BOSTON CONSULTING GROUP (Hrsg): The Comeback of the Electric Car? How real, how soon, and what must happen next. Boston 2009. <https://www.bcg.com/documents/file15404.pdf> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BEA, F. X.; HAAS, J.: Strategisches Management. 6., vollst. überarb. Auflage. UVK Verl.-Ges., Konstanz 2013.

BECKS, T.; HEUSINGER, S.: VDE-Kompodium „Elektromobilität“. Symposium Elektromobilität – Ausgewählte Vorträge. VDE, Frankfurt a. Main, 2012. <https://www.dke.de/resource/blob/933408/0711b19c06f1a81210febfe0739902ee/vde-kompodium-elektromobilitaet-data.pdf> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BENGER, R.; BEYER, K.; BRENNER, S.; FUNCK, F.: [Abschlussbericht] Studie: Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit. 08.03.2013. <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/eignung-von-speichertechnologien-zum-erhalt-der-systemsicherheit,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BENZ, A.: Handbuch Governance. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendungsfelder. VS, Verl. für Sozialwiss., Wiesbaden 2007.

BERNHART, W.; SCHLICK, T.; OLSCHESKI, I.: Index Elektromobilität Q1 2013. Hg. v. ROLAND BERGER UND FORSCHUNGSGESELLSCHAFT KRAFTFAHRWESEN MBH AACHEN. April 2013. https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_e_mobility_index_final_e_20130521.pdf (zuletzt geprüft: 14.03.2018)

BERNHART, W.; SCHLICK, T.; OLSCHESKI, I.; Thoennes, M.; Garrelfs, J.: Index Elektromobilität Q1/2014. Hrsg.: FORSCHUNGSGESELLSCHAFT KRAFTFAHRWESEN MBH AACHEN; ROLAND BERGER. Februar 2014. https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_e_mobility_index_2014_20140301.pdf (zuletzt geprüft: 28.03.2018)

BERNHART, W.; SCHLICK, T.; OLSCHESKI, I.; THOENNES, M.; GARRELS, J.: [Study]E-mobility Index, 1st Quarter 2015. Roland Berger Strategy Consultants – Automotive Competence Center & Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen. März 2015. https://news.europawire.eu/wp-content/uploads/2015/03/Roland_Berger_E_Mobility_Index_Q1_2015.pdf (zuletzt geprüft: 09.05.2018)

BERTRAM, M.; BONGARD, S.: Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr. Grundlagen, Einflussfaktoren und Wirtschaftlichkeitsvergleich. Springer Vieweg, Wiesbaden 2014.

BEVERUNGEN, D.; FABRY, C.; GANZ, W. (Hrsg.): Dienstleistungsinnovationen für Elektromobilität. Märkte, Geschäftsmodelle, Kooperationen. Fraunhofer-Verl., Stuttgart 2015.

BLÄTTEL-MINK, B.; BUCHSBAUM, M.; DALICHAU, D.; HATTENHAUER, M.; WEBER, J.: Sozialwissenschaftliche Begleitforschung Modellregion E-Mobilität Rhein-Main. Akzeptanz und Optimierung durch Nutzerinnen und Nutzer. Interner Endbericht. Goethe-Universität, Frankfurt am Main 2011. [nicht öffentlich]

BMUB – BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (Hrsg.): Umweltbilanz der Elektromobilität: Erneuerbare Energien tanken. 18.04.2017. <http://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/elektromobilitaet/allgemeine-informationen/umweltbilanz-der-elektromobilitaet-erneuerbare-energien-tanken/> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BMWi – BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (Hrsg.): [Pressemitteilung]RÖSLER: Das Laden von Elektrofahrzeugen wird einfacher. Berlin, 13.06.2013. http://my.contentserver24.de/content/news/pdf_view.php?cs_nid=4282&cs_uid=1 (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BMWi – BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (Hrsg.): Strommix 2014: Erneuerbare auf Rekordhoch. Berlin, 21.01.2015. <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2015/1/Meldung/infografik-strommix-2014-erneuerbare-auf-rekordhoch.html> (zuletzt geprüft: 27.02.2018) [=BMWi 2015a]

BMWi – BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (Hrsg.): Die Energie der Zukunft. Vierter Monitoring-Bericht zur Energiewende. Ein gutes Stück Arbeit. Berlin, 18.11.2015. <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/V/vierter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (zuletzt geprüft: 27.02.2018) [=BMWi 2015b]

BMWi – BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (Hrsg.): Rahmenbedingungen und Anreize für Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur. Berlin, 02.07.2016. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/rahmenbedingungen-und-anreize-fuer-elektrofahrzeuge.html> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BMWi – BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (HRSG): [Dossier]Elektromobilität in Deutschland. Berlin, Januar 2018. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/elektromobilitaet.html> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BOGNER, A.; LITTIG, B.; MENZ, W.: Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden 2002.

BONGARD, S.: ECAR-Studie zur Akzeptanz der Elektromobilität. Hrsg. v. TECHNISCHE AKADEMIE OSTFILDERN (TAE) und MOBILITY 2.0. In: Tagungsband zum 3. Symposium Elektromobilität. <http://www.elecarda.com/wp-content/uploads/2014/05/Ergebnisse-ECAR-Studie-zur-Akzeptanz-der-Elektromobilit%C3%A4t.pdf> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BONTRUP, H.-J.; MARQUARDT, R.-M.: [Studie]Die Zukunft der großen Energieversorger. Hrsg.: GREENPEACE DEUTSCHLAND. Hannover u. Lüdinghausen, Januar 2015. <http://www2.alternative-wirtschaftspolitik.de/uploads/mo815.pdf> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BORGHUIS, J.: Kombinierte Mobilität als Schlüssel zur Mobilität in der Stadt von morgen. In: Public Transport International 62 (2013) 4, S. 4–8.

BOZEM, K.; NAGL, A.; RATH, V.: Elektromobilität. Kundensicht, Strategien, Geschäftsmodelle. Vieweg + Teubner, Wiesbaden 2013.

BRAND, M.; LOLEIT, M.; BRAUN, S.: Szenarios zur Elektromobilität 2025. Hrsg.: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT UND ORGANISATION IAO, Stuttgart 2012. <http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/studien/szenarios-elektromobilitaet-2025.pdf> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BRANDENBURG, T.; THIELSCH, M. T.; MEHLICH, P.: Praxis der Wirtschaftspsychologie. Themen und Fallbeispiele für Studium und Anwendung. Mosenstein und Vannerdat, Münster 2009.

BROKATE, J.; ÖZDEMİR, E. D.; KUGLER, U.: Der PKW-Markt bis 2040: Was das Auto von morgen antreibt. Szenario-Analyse im Auftrag des Mineralölwirtschaftsverbandes. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., Institut für Fahrzeugkonzepte, Stuttgart 2013. https://www.mwv.de/wp-content/uploads/2016/07/mwv-DLR-Studie_Pkw-Markt_2040_2013.pdf (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BRÜNGLINGHAUS, C.: Vom Autobauer zum Mobilitätsanbieter. Berlin 2015. <https://www.springerprofessional.de/fahrzeugtechnik/carsharing/vom-autobauer-zum-mobilitaetsanbieter/6561608> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BULLIS, K.: Forget Battery Swapping: Tesla aims to Charge Electric Cars in Five Minutes. MIT Technology Review, 16.07.2013. <http://www.technologyreview.com/news/516876/forget-battery-swapping-tesla-aims-to-charge-electric-cars-in-five-minutes/> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (Hrsg.): Monitoringbericht 2015. Bonn 2016. http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2015/Monitoringbericht_2015_BA.pdf;jsessionid=BC2CB9EB989D117371D66993A7369862?__blob=publicationFile&v=4 (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (Hrsg.): Wie klimafreundlich sind Elektroautos? http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/emob_klimabilanz_2017_bf.pdf (zuletzt geprüft: 07.03.2018)

BUNDESVERBAND SOLARE MOBILITÄT (Hrsg.): Warum wir endlich das Kennzeichen ‚E‘ brauchen. Eine gemeinsame Initiative von BSM und BEM (Bundesverband eMobilität). Berlin 2014. <http://www.bsm-ev.de/emog/kennzeichen-e/kennzeichen-e> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

BURKE, A.: Performance, Charging, and Second-use Considerations for Lithium Batteries for Plug-In Electric Vehicles. Institute of Transportation Studies, University of California-Davis, May 2009. <https://escholarship.org/uc/item/2xf263qp> (letzter Zugriff: 28.02.2018)

BURKERT, A.: [Onlineartikel]Zweckorientiertes Design für Elektroautos. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift (2013) 3, o. S. <https://www.springerprofessional.de/zweckorientiertes-design-fuer-elektroautos/6111076> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

BURKERT, A.: [Onlineartikel]Wenn der Leichtbau der Elektromobilität Flügel verleiht. Elektromobilität. Im Fokus. 27.05.2015. <http://www.springerprofessional.de/wenn-der-leichtbau-der-elektromobilitaet-fluegel-verleiht/5748350.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

CAR2GO GROUP GMBH (HRSG): [Pressemitteilung]Allianz Worldwide Partners exklusiver Versicherungspartner von car2go in Europa. Stuttgart, 18.01.2017. https://www.car2go.com/media/data/germany/microsite-press/files/20170118_presse-information_kooperation-car2go-allianz.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

CARSHARING NEWS (Hrsg): Carsharing-Anbieter. 2015. <http://www.carsharing-news.de/carsharing-anbieter/> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

FARBSTRAHL DIGITAL (HRSG): Carsharing-Anbieter: Test und Info. <http://carsharing-anbieter.info/tests> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

CLAUSEWITZ, C. v.: Vom Kriege. Nikol, Hamburg 2008.

COCCA, S.; FABRY, C.; STRYJA, C. (Hrsg.): Dienstleistungen für Elektromobilität. Ergebnisse einer Expertenstudie. Fraunhofer-Verlag, Stuttgart 2015. http://www.elektromobilitaet-dienstleistungen.de/wp-content/uploads/2015/01/Dienstleistungen-fuer-Elektromobilitaet_Expertenstudie_2015.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

CONTINENTAL AG (HRSG): [Mobilitätsstudie]Autofahren 2020. Vernunft oder Emotion? Hannover 2015. <https://www.continental-corporation.com/resource/blob/12728/6259058bd7046da72638b19d8af4c112/mobistud2015-praesentation-de-data.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DAIMLER AG (Hrsg): [Abschlussbericht]Kabelloses Laden von Elektrofahrzeugen. Schlussbericht im Rahmen des FuE-Programms „Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität“. Weil am Rhein, Oktober 2011. http://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/publications/abschlussbericht-conductix_1.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DALLINGER, D.; DOLL, C.; GNANN, T.: Gesellschaftspolitische Fragestellungen der Elektromobilität. Hrsg.: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG ISI, Karlsruhe 2011. http://www.isi.fraunhofer.de/jisi-wAssets/docs/e/de/publikationen/elektromobilitaet_broschuere.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DEFFNER, J.; BIRZLE-HARDER, B.; HEFTER, T.: Elektrofahrzeuge in betrieblichen Fahrzeugflotten. Akzeptanz, Attraktivität und Nutzungsverhalten. Ergebnisbericht im Rahmen des Projekts Future Fleet, Arbeitsschritte 2.1 bis 2.4. Frankfurt am Main 2012. http://www.iso.de/uploads/media/st-17-iso-e-2012_01.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DEUTSCHE BANK SECURITIES INC. (Hrsg): [Global Markets Research] Electric Cars. Plugged in 2. A mega-theme gains momentum. New York 2009. <http://www.libralato.co.uk/docs/Electric%20Cars%20Plugged%20In%202020Deutsche%20Bank%202009.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DEUTSCHE BANK (Hrsg): Einführung in Wechselkurse, Devisenmarkt und bedeutende Währungen. Frankfurt, Januar 2014. <https://www.xmarkets.db.com/DE/Download/Media/2a53bf71-1b9b-4efa-a799-31bf1c00d581/> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DEUTSCHE POST DHL GROUP (Hrsg): Elektromobilität. 2017. Online verfügbar unter <http://www.dpdhl.com/de/presse/specials/elektromobilitaet.html> (zuletzt geprüft: 05.03.2018) http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2017/dpdhl_group_streetscooter_mann-hummel_praesentieren_erstes_emissionsneutrales_fahrzeug.html

DEUTSCHER BUNDESTAG (Hrsg): Große Anfrage der Abgeordneten UTE KUMPF, INGRID ARNDT-BRAUER, DORIS BARNETT ET AL.: Sicherung der Technologieführerschaft Deutschlands im Verkehrs- und Baubereich. Drucksache 17/931. Berlin, 03.03.2010. <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/009/1700931.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DEUTSCHER BUNDESTAG (Hrsg): Unterrichtung durch die Bundesregierung. Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung. Drucksache 18/3484. Berlin, 05.12.2014. <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/18/034/1803484.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DEUTSCHER BUNDESTAG (Hrsg): Antrag der Abgeordneten STEPHAN KÜHN (Dresden), LISA PAUS, MATTHIAS GASTEL ET AL.: Elektromobilität entschlossen fördern: Chance für zukunftsfähige Mobilität nutzen. Drucksache 18/3912. Berlin, 04.02.2015. <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/039/1803912.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DEUTSCHES DIALOG INSTITUT GMBH (Hrsg): Elektromobilität sollte stärker in Verbindung mit dem Ausbauer neuer Mobilitätskonzepte gefördert werden. In: Online-Plattform „Elektromobilität im Dialog“ (2013)7, S. 1–11.

DIE WELT (Hrsg): Fusion von Car2go und DriveNow geplant. Carsharing-Kooperation. 26.05.2017. <https://www.welt.de/motor/news/article164955312/Carsharing-Kooperation.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018) [=2017a]

DIE WELT (Hrsg): Viel mehr CO₂ als gedacht: E-Auto-Batterie. 14.06.2017. <https://www.welt.de/motor/news/article165544500/E-Auto-Batterie.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018) [=2017b]

DIEZ, W.; SCHREIER, N.; HAAG, A.: [Studie]Entwicklung der Beschäftigung im After Sales. Effekte aus der Elektromobilität. Hrsg.: e-mobil BW GmbH, Stuttgart, Oktober 2014. https://www.e-mobilbw.de/files/e-mobil/content/DE/Publikationen/PDF/After-Sales-Studie_RZ_Web.pdf (letzter Zugriff: 28.02.2018)

DONATH, A.: Volkswagen mit Apple-Watch-Anschluss. <http://www.golem.de/news/orten-und-steuern-volkswagen-mit-apple-watch-anschluss-1505-113916.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DÖRNER, S.: CarPlay: Warum Google und Apple im Auto nicht glänzen. Die Welt online, 02.06.2018. <https://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article155895862/Warum-Google-und-Apple-im-Auto-nicht-glaenzen.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DRIVE NOW GMBH (Hrsg): Jahresbilanz 2016: DriveNow weiter auf Erfolgskurs. https://content.drive-now.com/sites/default/files/2017-03/2017.01.19_DriveNow_Jahresbilanz_2016.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DUDEN (Hrsg): Analyse. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Analyse> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

DUDENHÖFFER, K.: Akzeptanz von Elektroautos in Deutschland und China. Eine Untersuchung von Nutzungsintentionen im Anfangsstadium der Innovationsdiffusion. Duisburg, Univ., Diss., 2015. <https://d-nb.info/1046502735/34> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

EBEL, B.; HOFER, M. B.: Automotive Management. Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft. 2., überarb. u. akt. Auflage. 2014. Springer, Berlin [u. a.]

ECKSTEIN, L.: [Gastkommentar]Mit Sicherheit Elektromobilität. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift (2013)10, o. S. <https://www.springerprofessional.de/en/mit-sicherheit-elektromobilitaet/6111758#pay-wall> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

ECKSTEIN, L.; SCHMITT, F.; HARTMANN, B.: Leichtbau bei Elektrofahrzeugen. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift (2010)11, S. 789–795.

ENDERLEIN, H.; KRAUSE, S.; SPANNER-ULMER, B.: Elektromobilität. Abschätzung arbeitswissenschaftlich relevanter Veränderungen. Dortmund [u. a.] 2012. https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/Gd2.pdf?__blob=publicationFile (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

ESMT (Hrsg): Marktmodell Elektromobilität – Schlussbericht. European School of Management and Technology, Berlin, September 2011. http://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/publications/abschlussbericht-mmem_1.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.): Clean power for transport – Frequently asked questions. Alternative fuels: challenges and key figures. 24.01.2013. http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-24_de.htm (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg): Infrastructure – TEN-T – Connecting Europe – Mobility and Transport – European Commission. 2017. https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure_en (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg): [Amtsblatt der Europäischen Union] Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen (Text von Bedeutung für den EWR). https://www.uni-due.de/imperia/md/content/car/auto/vl_unterlagen/eu-kommission-juni_2009.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

FAENGER, J.: Neue Entwicklungen im Bereich interaktives Fernsehen (iTV) als Herausforderung für einen Wireless Application Service Provider: Unternehmensszenarien und zukunftsrobuste Unternehmensplanung. Gütersloh, Fachhochsch. d. Wirtsch., Dipl.-Arb., 2006. <https://www.diplom.de/document/224655> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

FAZEL, L.: Akzeptanz von Elektromobilität. Entwicklung und Validierung eines Modells unter Berücksichtigung der Nutzungsform des Carsharing. Springer Gabler, Wiesbaden 2014.

FINGAS, J.: Elon Musk hopes to conquer electric car range limits by 2020. 2015. <http://www.engadget.com/2015/09/26/elon-musk-on-electric-car-range-upgrades/> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

FINK, A.; SCHLAKE, O.; SIEBE, A.: Erfolg durch Szenario-Management. Prinzip und Werkzeuge der strategischen Vorausschau. 2. Auflage. Campus, Frankfurt a. Main 2001.

FINK, A.: Markt- und Absatzprognosen. Modelle – Methoden – Anwendung. Hrsg.: O. GANSSE; B. KROL. Springer Gabler, Wiesbaden 1999.

Flaig, I.: Automobil: Das Beispiel Bosch. Stuttgarter Nachrichten online, 1. Mai 2010. <https://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.automobil-wie-der-e-antrieb-die-zulieferer-veraendert.09f27072-9f51-487b-813e-ob99ca462d80.html> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

FLÖRECKE, K.-D.: IAA 2015: Bosch gibt Elektroauto neuen Schub. Automobilwoche online, 15.09.2015. <http://www.automobilwoche.de/article/20150915/NACHRICHTEN/150919927/iaa-2015-bosch-gibt-elektroauto-neuen-schub#.VkmWRtirTfZ> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

FOCHT, P.: Elektrofahrzeuge: Ein Fall für die Regulierung. Energie & Management online, 2016. <https://www.energie-und-management.de/nachrichten/erneuerbare/detail/ein-fall-fuer-die-regulierung-113202> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

FOCUS ONLINE (Hrsg): Tesla beendet seine Kostenlos-Kultur beim Laden. 2016. https://www.focus.de/auto/elektroauto/tesla-beendet-kostenloses-laden-fuer-immer-ist-zum-jahreswechsel-vorbei_id_6175109.html (zuletzt geprüft: 29.03.2018)

FRANKE, T.: Nachhaltige Mobilität mit begrenzten Ressourcen: Erleben und Verhalten im Umgang mit der Reichweite von Elektrofahrzeugen. Dresden, Techn. Univ., Diss., 2013. http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/13350/Dissertation_Thomas_Franke.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

FRENZEL, I.; JARASS, J.; TROMMER, S.; LENZ, B.: Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland. Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung. Hrsg.: DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E. V. Berlin 2015. http://www.dlr.de/vf/Portaldata/12/Resources/dokumente/projekte/pakt2/Ergebnisbericht_E-Nutzer_2015.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

FRIEDRICH, H.; SCHMID, S.: [Endbericht]AELFA – Strukturanalyse von Automobilkomponenten für zukünftige elektrifizierte Fahrzeugantriebe. Im Auftrag des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg. Hrsg.: Institut für Fahrzeugkonzepte. Stuttgart 2011. <http://www.dlr.de/fk/Portaldata/40/Resources/dokumente/publikationen/AELFA-Endbericht.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

FROST & SULLIVAN (Hrsg.): Inductive Charging for Electric Vehicles to Gain Traction Transforming Infrastructure Landscape. Strategic alliances and partnerships are key to gain expertise and opportunities for research and development. San Antonio (TX) 2014. <http://www.frost.com/prod/servlet/press-release.pag?docid=290982021> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

FUNDA, P. (): Globales Wachstum – Chance oder Risiko? Analyse und Prognose der Automobilproduktion in Deutschland, Europa und weltweit. Hrsg.: PricewaterhouseCoopers. Stuttgart 2014. https://www.pwc.de/de/automobilindustrie/assets/pwc_studie_automotive_globales-wachstum.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

GAIDE, P.; OTTO, C.: [Interview]Berylls: „Tesla pokert hoch“. In: Automobilindustrie online, 2015. <http://www.automobil-industrie.vogel.de/berylls:-tesla-pokert-hoch-a-509685/> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

GAUSEMEIER, J.; STOLL, K.; WENZELMANN, C.: Szenario-Technik und Wissensmanagement in der strategischen Planung. Universität Paderborn. Paderborn, 2009. <http://docplayer.org/2284741-Szenario-technik-und-wissensmanagement-in-der-strategischen.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

GELLNER, M.; WUSCHKE, L.; JÄCKEL, H.-G.; PEUKER, U.: Akkus mechanisch aufbereiten. In: RECYCLING magazin (2015)16, S. 26–29.

GERIKE, REGINE (Hrsg.): Definitionen zur Multi- und Intermodalität. TU Dresden, 21.06.2011. <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/354077/> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

GILLESSEN, V.: Neue Mobilität für Unternehmen. Empfehlungen zum Einsatz von Elektrofahrzeugen. Hrsg.: Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur. 2015. https://www.thega.de/fileadmin/www/downloads/o8_thueringer_energie-und_greentech-agentur/neue_mobilitaet_fuer_unternehmen_thega_final.pdf (zuletzt geprüft: 29.03.2018)

GÖTZ, K.; SUNDERER, G.; BIRZLE-HARDER, B.: Attraktivität und Akzeptanz von Elektroautos. Ergebnisse aus dem Projekt OPTUM – Optimierung der Umweltentlastungspotenziale von Elektrofahrzeugen. ISOE-Studientexte, Nr. 18. Hrsg.: Institut für sozial-ökologische Forschung. Frankfurt 2011. http://www.isoe.de/uploads/media/st-18-isoe-2012_02.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

GREEUW, SANDRA C. H. ET AL.: Cloudy crystal balls. An assessment of recent European and global scenario studies and models. Experts' corner report Prospects and scenarios; No. 4. In: Environmental issues series; No. 17. European Environment agency, Kopenhagen 2000. https://www.pik-potsdam.de/avec/peyresq2003/talks/0918/leemans/background_literature/eea_env_issue_report.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

HACKER, F. ET AL.: eMobil 2050. Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz. Gemeinsamer Endbericht zu den Vorhaben „Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erarbeitung von Szenarien zum möglichen Beitrag der Elektromobilität zum langfristigen Klimaschutz“ (FKZ: UM 11 96 106) und „Szenarien zum möglichen Beitrag der Elektromobilität im Güter- und öffentlichen Personenverkehr zum langfristigen Klimaschutz“. (FKZ: 16 EM 1001). Öko-Institut e. V. – Institut für angewandte Ökologie, Berlin, Oktober 2014. <http://www.oeko.de/oekodoc/2114/2014-670-de.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

HACKER, F.; HARTHAN, R.; KASTEN, P.; LORECK, C.; ZIMMER, W.: Marktpotenziale und CO₂-Bilanz von Elektromobilität. Arbeitspakete 2 bis 5 des Forschungsvorhabens OPTUM: Optimierung der Umweltentlastungspotenziale von Elektrofahrzeugen. Anhang zum Schlussbericht im Rahmen der Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Öko-Institut e. V. – Institut für angewandte Ökologie, Berlin, Oktober 2011. <https://www.oeko.de/uploads/oeko/oekodoc/1338/2011-002-de.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

HACKER, F.; WALDENFELS, R. v.; MOTTSCHALL, M.: [Abschlussbericht]Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen. Betrachtung von Gesamtnutzungskosten, ökonomischen Potenzialen und möglicher CO₂-Minderung im Auftrag der Begleitforschung zum BMWi-Förderschwerpunkt IKT für Elektromobilität II: Smart Car – Smart Grid – Traffic. Öko-Institut e. V. – Institut für angewandte Ökologie, Berlin, April 2015. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Gesamtbericht-Wirtschaftlichkeit-von-Elektromobilitaet.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

HAIDER, D.: [Pressemitteilung]Agiles und preiswertes Stadtfahrzeug: Elektromodell Renault Twizy startet ab 6.990 Euro. Hrsg.: RENAULT ÖSTERREICH. Wien, 03.03.2011. http://www.media.renault.at/_/8474.7b32bc94.dl (zuletzt geprüft: 07.03.2018)

HANDELSBLATT (Hrsg.): Ölpreis unter Druck. Das Opec-Kartell ist tot. Handelsblatt online, 2016. <http://www.handelsblatt.com/finanzen/maerkte/devisen-rohstoffe/oelpreis-unter-druck-analysten-uneins-ueber-kuenftige-oelpreisentwicklung/12687652-2.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

HARENDT, B.; SCHUMANN, D.; WIRTH, M.: Handlungsempfehlungen der Begleit- und Wirkungsforschung aus dem Schaufensterprogramm Elektromobilität für die Ergebniskonferenz 2016. Hrsg.: BEGLEIT- UND WIRKUNGSFORSCHUNG SCHAUFENSTER ELEKTROMOBILITÄT (BuW); Deutsches Dialog-Institut GmbH. http://schaufenster-elektromobilitaet.org/media/media/documents/dokumente_der_begleit_und_wirkungsforschung/EP22_Handlungsempfehlungen.pdf (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

HARTKOPF, T.; RICHTER, M.; STEINER, L.: Begleitforschungs-Studie Elektromobilität: Potenzialermittlung der Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen und der sich daraus ergebenden Vorteile. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt 2010. <http://www.baumgroup.de/fileadmin/interface/files/XNTFCUYFUV-110201413557-IPJDTOWQKM.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

HELM, R.; SATZINGER, M.: Strategische Unternehmensplanung mittels Szenario-Analysen. In: WISU – Das Wirtschaftsstudium 28 (1999) 7, S. 961 – 964 u. 1010 – 1011.

HELMER, O.: Reassessment of cross-impact analysis. In: Futures 13 (1981) 5, S. 398–400.

HERZOG, K.: [Vorlesungsfolien]Energiebedarf eines Kraftfahrzeugs. Kraftfahrzeugantriebe; 2. o. J. 22 Folien. https://www.thm.de/me/images/user/herzog-91/Kfz-Antriebe/Kfz_Antriebe_2_EnergiebedarfKfz.pdf (zuletzt geprüft: 06.03.2018)

HIRSCH, H.; HOFFMANN, R.; JESCHKE, S.: Achtung, Elektroauto! Elektromobilität, elektrische Sicherheit und Gefahrenabwehr. In: UNIKATE (2011) 39, S. 42–51. <https://www.uni-due.de/unikate/archiv.php?eu=039> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

HOCHFELD, C.; JUNG, A.; KLEIN-HITPASS, A.; MAIER, U.; MEYER, K.; VORHOLZ, F.: Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende. 2017. https://www.stiftung-mercator.de/media/downloads/3_Publikationen/Agora_Verkehrswende_12_Thesen_zur_Verkehrswende_Publikation_Maerz_2017.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

HORRELL, P.: Volkswagen Brand CEO Talks New Electric Platforms. MEB is just the beginning of VW's shift toward electrification. Motor Trend online, 2015. <http://www.motortrend.com/news/volkswagen-brand-ceo-talks-new-electric-platforms/>, 2015 (zuletzt geprüft am 16.11.15)

HORVARTH & PARTNERS (Hrsg.): [Pressemitteilung]Elektromobilität: Millionenziel für das Jahr 2020 bleibt realistisch. 18.06.2014. <http://www.horvath-partners.com/de/presse/aktuell/detail/date/2014/06/18/elektromobilitaet-millionenziel-fuer-das-jahr-2020-bleibt-realistisch/> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

HORVARTH & PARTNERS (Hrsg.): [Pressemitteilung]Durchschnittliche Reichweite von Elektrofahrzeugen nähert sich der 250-Kilometer-Marke. 29.03.2016. <https://www.horvath-partners.com/de/presse/aktuell/detail/date/2016/03/29/durchschnittliche-reichweite-von-elektrofahrzeugen-naehert-sich-der-250-kilometer-marke/> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

HUBJECT GMBH (Hrsg.): Hsubject – eRoaming-Plattform für eine vernetzte Elektromobilität. <https://deutscher-mobilitaetspreis.de/preistraeger/best-practice/hsubject> (zuletzt geprüft: 28.02.2018) [=2017a]

HUBJECT GMBH (Hrsg.): [Pressemitteilung]Hsubject | Die eRoaming-Plattform für das Laden von Elektroautos. <https://www.hsubject.com/2017/07/> (zuletzt geprüft: 28.02.2018) [=2017b]

HUBJECT GMBH (Hrsg.): Volkswagen-Konzern beteiligt sich an Hsubject, der führenden eRoaming-Plattform für europaweites Laden von Elektrofahrzeugen. <https://www.hsubject.com/volkswagen-konzern-beteiligt-sich-an-hsubject-der-fuehrenden-eroaming-plattform-fuer-europaweites-laden-von-elektrofahrzeugen/> (zuletzt geprüft: 28.02.2018) [=2017c]

HÜTTL, R. F.; PISCHETSRIEDER, B.; SPATH, D.: Elektromobilität. Springer, Berlin [u. a.] 2010.

ILGMANN, G.: Elektroautos. Der Traum von der elektrischen Mobilität. FAZ online, 03.02.2009. <http://www.faz.net/aktuell/wissen/physik-chemie/elektroautos-der-traum-von-der-elektrischen-mobilitaet-1753993.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

INSTITUT FÜR AUTOMATION UND KOMMUNIKATION (Hrsg.): [Abschlussbericht zum Verbundvorhaben] Begleitforschung zum kabellosen Laden von Elektrofahrzeugen: Chancen und Risiken beim kabellosen Laden von Elektrofahrzeugen, Technologiefolgenabschätzung für eine Schlüsseltechnologie in der Durchbruchphase der Elektromobilität im Rahmen des FuE-Programms „Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität“, Oktober 2011. http://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/publications/abschlussbericht-justpark_1.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (Hrsg.): World Energy Outlook 2012. OECD/IEA, Paris 2012. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/English.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

JONUSCHAT, H.; WÖLK, M.; HANDKE, V.: Untersuchung zur Akzeptanz von Elektromobilität als Stellglied im Stromnetz. IZT im Auftrag und in Zusammenarbeit mit B.A.U.M. Consult GmbH, Leiter der Begleitforschung für den Förderschwerpunkt „IKT für Elektromobilität“. Berlin, Februar 2012. <http://www.baumgroup.de/fileadmin/interface/files/JBRDNWQEPH-6122014151223-LWVDTSDSPN.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

KAGERMANN ET AL. (Hrsg.): Smart-Service-Welt. Digitale Serviceplattformen – Praxiserfahrungen aus der Industrie. Best Practices. https://innosabi.com/wp-content/uploads/2016/05/BerichtSmartService2016_DE_barrierefrei.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

KAHN, H.; WIENER, A. J.: The Year 2000. A Framework for Speculation on the Next Thirty-Three Years. Macmillan, New York 1967.

KAHNEMAN, D.: Schnelles Denken, langsames Denken. Siedler, München 2012.

KAISER, S.; MEYER, S.; SCHIPPL, J.: Elektromobilität. ITA-Kurzstudie. Hg. v. Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH. Zukünftige Technologien; Bd. 93. Düsseldorf 2011. <http://www.vditz.de/fileadmin/media/publications/pdf/Elektromobilitaet.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

KALUZA, B.; OSTENDORF, R. J.: Die zukünftige Bedeutung der Ökologie in der deutschen Automobilindustrie – eine kritische Analyse mit Hilfe der Szenario-Technik. Diskussionsbeiträge des Instituts für Wirtschaftswissenschaften der Universität Klagenfurt; Nr. 2002/03. 2002. <http://ubdocs.uni-klu.ac.at/open/voll/wiwi/diskussionspapiere/AC03659026.pdf> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

KAMPKER, A.: Elektromobilproduktion. Springer, Heidelberg [u. a.] 2014.

KAMPKER, A.; DEUTSKENS, C.; MÜLLER, P.; MÜLLER, T.: Reduzierung der Gesamtbetriebskosten durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift (2015)03, S. 48–51.

KAMPKER, A.; VALLÉE, D.; SCHNETTLER, A.: Elektromobilität. Grundlagen einer Zukunftstechnologie. Springer Vieweg, Wiesbaden 2013.

KARLE, A.: Elektromobilität. Grundlagen und Praxis. Hanser, München [u. a.] 2015.

KEICHEL, M.; SCHÖLLER, O.: Das Elektroauto. Mobilität im Umbruch. Springer, Wiesbaden [u. a.] 2013.

KIESEL, J.: Szenario-Management als Instrument zur Geschäftsfeldplanung. Tectum, Marburg 2001.

KLEMPIEN, D.: [Fachbeitrag]Szenarioanalyse. Cotrolling-Portal online. 2016. <http://www.controllingportal.de/Fachinfo/Grundlagen/Szenario-Analyse.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

KLEY, F.: Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge. Entwicklung und Bewertung einer Ausbaustrategie auf Basis des Fahrverhaltens. Fraunhofer, Stuttgart 2011. – Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 2011.

KLINK, G.; KRUBASIK, S.; LIEDTKE, A.; SCHINDLER, M.: E-Mobility: Lange Fahrt zum Milliardengeschäft. Der Schlüssel zu erfolgreichen Geschäftsmodellen ist innovative Vernetzung. Hrsg.: A.T. KEARNEY. Düsseldorf 2011. http://www.atkearney.de/documents/856314/1214952/EB_E-Mobility_Lange_Fahrt_zum_Milliardengeschaeft.pdf/9149a4ad-c338-4207-836d-c55f4coe5a93 (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

KLÖR, B.; BRÄUER, S.; BEVERUNGEN, D.; MATZNER, M.: [Konferenzpaper]IT-basierte Dienstleistungen für die Elektromobilität – Konzeptioneller Rahmen und Literaturanalyse. Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2014 (MKWI 2014). Paderborn 2014. https://www.researchgate.net/publication/263040018_IT-basierte_Dienstleistungen_fur_die_Elektromobilitat_-_Konzeptioneller_Rahmen_und_Literaturanalyse (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

KOSOW, H.; GASSNER, R.; ERDMANN, L.; LUBER, B.-J.: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Werkstattbericht / IZT, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung; Bd. 103. Berlin, September 2008. http://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT_WB103.pdf (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

KRAFTFAHRT-BUNDESAMT (Hrsg): Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes am 1. Januar 2017. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b_jahresbilanz.html (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

LAMBERT F.: Tesla quietly upgraded its Superchargers for faster charging, now capable of 145 kW. 2016. <https://electrek.co/2016/07/20/tesla-supercharger-capacity-increase-145-kw/> (zuletzt geprüft: 29.03.2018)

LANGE-STUNTEBECK, M.: Elektromobilität in Deutschland. Analyse der Rahmenbedingungen für die Entwicklung des Marktes. GRIN, München 2013. – Zugl.: Aachen, Fachhochsch., Masterarb., 2013.

LEUTHNER, S.: Übersicht zu Lithium-Ionen-Batterien. In: Handbuch Lithium-Ionen-Batterien. Hrsg.: R. Korthauer. Springer, Berlin [u. a.] 2013, S. 13 – 19.

LIENKAMP, M.: Elektromobilität. Hype oder Revolution? Springer Vieweg, Wiesbaden 2012.

MÄHLER, C.: Wie schädlich ist die Produktion und Entsorgung von Batterien? 26.11.2015. http://www.stromschnell.de/nachhaltigkeit/wie-schaedlich-ist-die-produktion-und-entsorgung-von-batterien_5117634_5093816.html (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

MATTHES, F. C.; BUSCHE, J.; DÖRING, U.; EMELE, L. ET AL.: Politikszenerien für den Klimaschutz VI: Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030. Hrsg.: UMWELTBUNDESAMT. 2003. <http://www.uba.de/uba-info-medien/4412.html> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

MATTHIES, G.; STRICKER, K.; TRAENCKNER, J.: Zum E-Auto gibt es keine Alternative. Bain & Company online, München, 10.03.2010. <http://www.bain.de/publikationen/articles/zum-e-auto-gibt-es-keine-alternative.aspx> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

MAYER, C.: Strukturierung und Bewertung von Dienstleistungskonzepten aus dem Bereich der Elektromobilität. Stuttgart, Univ., Masterarb., 2014.

MAYER, J.; MÜHLENHOFF, J.: Erneuerbare Energien und Elektromobilität. Finanzielle Hürden zur Markteinführung bis 2020. [Reihe]Renews Special – Hintergrundinformationen der Agentur für erneuerbare Energien; Ausgabe 33/Juni 2010. https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/172.33_Renews_Spezial_elektromobilitaet_markteinfuehrung_jun10_online.pdf (zuletzt geprüft: 07.03.2018)

MCKINSEY & COMPANY (Hrsg): Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase? Amsterdam 2014. https://www.mckinsey.com/~/_media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Netherlands/Our%20Insights/Electric%20vehicles%20in%20Europe%20Gearing%20up%20for%20a%20new%20phase/Electric%20vehicles%20in%20Europe%20Gearing%20up%20for%20a%20new%20phase.ashx (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

MCKINSEY & COMPANY (Hrsg): Electric Vehicle Index. 2017. <https://www.mckinsey.de/elektromobilitaet> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

MDR – MITTELDEUTSCHER RUNDFUNK (Hrsg): Die Batterie entscheidet. 2016. <http://www.mdr.de/nachrichten/wirtschaft/inland/hintergrund-elektroauto-akkus-100.html> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

MIETZNER, D.: Strategische Vorausschau und Szenarioanalysen. Methodenevaluation und neue Ansätze. Gabler, Wiesbaden 2009.

MIßLER-BEHR, M.: Methoden der Szenarioanalyse. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 1993.

MÜNCHOW-KÜSTER, A.; BOLLENS, T.: Analyse des Einsatzes alternativer Antriebsarten im Bereich des Straßengüterverkehrs mit Hilfe des computergestützten Programms SEN. Projektbericht des Verbundprojekts LOGFOR Nr.2. Institut für Produktion und industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen. Essen 2012. https://www.logfor.wiwi.uni-due.de/fileadmin/fileupload/PROJEKT-LOGFOR/Projektberichte/Projektbericht_Nr._2.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (Hrsg.): Fortschrittsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (Dritter Bericht). Hrsg.: GEMEINSAME GESCHÄFTSSTELLE ELEKTROMOBILITÄT DER BUNDESREGIERUNG. Berlin 2012. http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/elektromobilitaet-fortschrittsbericht-nationale-plattform.pdf%3F__blob%3DpublicationFile (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (Hrsg.): Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur. Verfasst von der Arbeitsgruppe 4 „Normung, Standardisierung und Zertifizierung“ der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE). August 2013. <https://www.din.de/blob/97246/cocbb8df0581d171e1dc7674941fe409/technischer-leitfaden-ladeinfrastruktur-data.pdf> (zuletzt geprüft: 09.05.2018)

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (Hrsg.): Die Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität – Version 3.0. AG 4 – Normung, Standardisierung und Zertifizierung. Hrsg.: GEMEINSAME GESCHÄFTSSTELLE ELEKTROMOBILITÄT DER BUNDESREGIERUNG. Berlin 2014. http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/Publikationen/NormungsRoadmap_Elektromobilitaet_2020_bf.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018) [=2014a]

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (Hrsg.): Fortschrittsbericht 2014. Bilanz der Marktvorbereitung. Hrsg.: GEMEINSAME GESCHÄFTSSTELLE ELEKTROMOBILITÄT DER BUNDESREGIERUNG. Berlin 2014. https://www.bmbf.de/files/NPE_Fortschrittsbericht_2014_barrierefrei.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018) [=2014b]

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (Hrsg.): Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015. AG 3 – Ladeinfrastruktur und Netzintegration. Hrsg.: GEMEINSAME GESCHÄFTSSTELLE ELEKTROMOBILITÄT DER BUNDESREGIERUNG. Berlin 2015. http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG3_Statusbericht_LIS_2015_barr_bf.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (Hrsg.): NPE begrüßt Maßnahmen zum Markthochlauf der Elektromobilität. 27.04.2016. <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/aktuelles/news/detail/npe-begruesst-massnahmen-zum-markthochlauf-der-elektromobilitaet/> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (Hrsg): Die nationale Plattform: Elektromobilität. 2017. <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/die-npe/arbeitsweise/> (zuletzt geprüft: 14.05.2018) [= 2017a]

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (Hrsg): Themen, Normen und Standards. 2017. <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/themen/normen-standards/> (zuletzt geprüft: 14.05.2018) [= 2017b]

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (Hrsg): Hintergrund, Ziele. 2017. <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/hintergrund/die-ziele/#tabs> (zuletzt geprüft: 14.05.2018) [= 2017c]

NIEDERHAUSEN, H.; BURKERT, A.: Elektrischer Strom. Gestehung, Übertragung, Verteilung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie im Kontext der Energiewende. Springer Vieweg, Wiesbaden 2014.

NOBIS, P.; FISCHHABER, S.: Belastung der Stromnetze durch Elektromobilität. Hrsg.: FORSCHUNGSSTELLE FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT E. V. https://www.ffe.de/download/article/543/Belastung_der_Stromnetze_durch_Elektromobilitaet.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

OLIVER WYMAN (Hrsg): [Pressemitteilung]Studie „Elektromobilität 2025“. Powerplay beim Elektrofahrzeug. München, 09.09.2009. <https://www.presseportal.de/pm/66435/1472076> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

OLIVER WYMAN (Hrsg): [Studie]Produktsonar Energie. Neue Produkte zum Laufen bringen. München 2016. http://www.oliverwyman.de/content/dam/oliver-wyman/europe/germany/de/insights/publications/2016/January%202016/Oliver_Wyman_ProduktSonar_web.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

OLTEN, R.: Wettbewerbstheorie und Wettbewerbspolitik. Oldenbourg, München [u. a.] 1995.

OPEL AUTOMOBILE GMBH (Hrsg): [Pressemitteilung]Opel CarUnity: Startschuss für innovatives Carsharing. 24.06.2015. <http://www.presseportal.de/pm/59486/3055227> (zuletzt geprüft:01.03.2018)

PAAR, C.; WOLF, M.; MAURICH, I. v.: IT-Sicherheit in der Elektromobilität. In: Vernetztes Automobil: Sicherheit – Car-IT – Konzepte. Hrsg.: W. Siebenpfeiffer. Springer Vieweg, Wiesbaden 2014, S. 95–100.

PANKOW, G.: Digitalisierung und E-Mobility: Audi plant 3 Mrd. Euro schwere Investitionen. AutomobilProduktion online, 04.01.2016. <https://www.automobil-produktion.de/hersteller/wirtschaft/audi-plant-3-mrd-euro-schwere-investitionen-390.html> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

PAPENDICK, K.; BRENNECKE, U.; DEML, B.: Nutzerverhalten beim Laden von Elektrofahrzeugen. Hrsg.: INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT, FABRIKAUTOMATISIERUNG UND FABRIKBETRIEB, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg 2011. http://www.iaf-ag.ovgu.de/iniafag_media/Downloads/publikationen/Nutzerverhalten+beim+Laden+von+Elektrofahrzeugen.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

PATERNOGA, S.; PIEPER, N.; WOISETSCHLÄGER, D. M.; BEUSCHER, G.; WACHALSKI, T.: [Studie] Akzeptanz von Elektrofahrzeugen. Aussichtsloses Unterfangen oder große Chance? Hrsg.: P3 INGENIEURGESELLSCHAFT GMBH. Wolfsburg 2013. <https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/aip-ad/veroeffentlichungen/elektromobilitatesstudie.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

PEARCE, J.; ROBINSON, R.: Strategic Management: Formulation, Implementation, and Control. 11th Edition. McGraw-Hill, Boston 2009.

PEHNT, M.; HÖPFNER, U.; MERTEN, F.: Elektromobilität und erneuerbare Energien. Arbeitspapier Nr. 5 im Rahmen des Projekts „Energiebalance – Optimale Systemlösungen für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz“ sowie [...]. Heidelberg, Wuppertal, November 2007. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Arbeitspapier5_-Elektromobilitaet-und-erneuerbare-Energien.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

PETERS, A.; DOLL, C.; PLÖTZ, P.: Konzepte der Elektromobilität. Ihre Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. edition sigma, Berlin 2013.

PIEPER, N.; WOISETSCHLÄGER, D.; PATERNOGA, S.; WACHALSKI, T.; BEUSCHER, G.: [Studie] Elektromobilität auf dem Prüfstand. Wirksamkeit von Kaufanreizen. Hrsg.: P3 INGENIEURGESELLSCHAFT MBH; LEHRSTUHL FÜR DIENSTLEISTUNGSMANAGEMENT AN DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG. 2013. https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/aip-ad/veroeffentlichungen/elektromobilitaet_auf_dem_pruefstand.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

PILLER, F. (Hrsg.): Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Vorlesung an der RWTH Aachen. Wintersemester 2009/2010. Gabler, Wiesbaden 2009.

PLÖTZ, P.; GNANN, T.; ULLRICH, S. ET AL.: Elektromobilität in gewerblichen Flotten. Hrsg.: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG ISI, Karlsruhe 2014. http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Get_eReady_web.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

PLÖTZ, P.; GNANN, T.; KÜHN, A.; WIETSCHEL, M.: [Studie]Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge. Langfassung; Studie im Auftr. der acatech – Dt. Akademie der Technikwissenschaften und der Arbeitsgruppe 7 der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE). Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe 2013. <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Fraunhofer-ISI-Markthochlaufszszenarien-Elektrofahrzeuge-Langfassung.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

PÖTSCHER, F.: Szenarien zur Entwicklung der Elektromobilität in Österreich bis 2020 und Vorschau 2030. Update 2014. Report REP-0500. Umweltbundesamt Österreich, Wien 2015. <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0500.pdf> (letzter Zugriff: 01.03.2018)

PRESSE- UND INFORMATIONSAMT DER BUNDESREGIERUNG (Hrsg): Merkel: Elektroautos weiterhin fördern. Konferenz zur Elektromobilität. Berlin 2015. <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2015/06/2015-06-15-bkin-elektro-konferenz.html> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

PRESSE- UND INFORMATIONSAMT DER BUNDESREGIERUNG (Hrsg): Intelligente Messsysteme für die Energiewende. Berlin 2016. <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2016/09/2016-09-05-intelligente-messsysteme-fuer-die-energiewende.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018) [=2016a]

PRESSE- UND INFORMATIONSAMT DER BUNDESREGIERUNG (Hrsg): Verbesserte Förderung von Elektrofahrzeugen. Berlin 2016. <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Infodienst/2016/05/2016-05-18-elektromobilitaet1/2016-05-18-elektromobilitaet.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

PROBST, A.: Auswirkungen von Elektromobilität auf Energieversorgungsnetz analysiert auf Basis probabilistischer Netzplanung. Stuttgart, Univ., Diss., 2014.

PROFF, H.; PROFF, H.; FOJCIK, T.; SANDAU, J.: Aufbruch in die Elektromobilität. Märkte – Geschäftsmodelle – Qualifikationen – Bewertung. Duisburg, 2013. Online verfügbar unter <http://docplayer.org/8863725-Aufbruch-in-die-elektromobilitaet-maerkte-geschaeftsmodelle-qualifikationen-bewertung.html>, 2013 (zuletzt geprüft am 14.03.2018)

PROFF, H. (Hrsg.): Entscheidungen beim Übergang in die Elektromobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Springer, Wiesbaden 2015.

PROFF, H.; PROFF, H.; FOJCIK, T.; SANDAU, J.: Management des Übergangs in die Elektromobilität. Radikales Umdenken bei tiefgreifenden technologischen Veränderungen. Springer Gabler, Wiesbaden 2014.

PROFF, H.; SCHÖNHARTING, J.; SCHRAMM, D.: Zukünftige Entwicklungen in der Mobilität. Betriebswirtschaftliche und technische Aspekte. Gabler, Wiesbaden 2012.

PUDENZ, K.: [Onlineartikel]Forscher ermitteln Ökobilanz von Lithium-Ionen-Akkus für Elektroautos. Automobil + Motoren online, 29.08.2010. <https://www.springerprofessional.de/automobil--motoren/batterie/forscher-ermitteln-oekobilanz-von-lithium-ionen-akkus-fuer-elekt/6572596> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

PWC (Hrsg): Elektromobilität – Normen bringen die Zukunft in Fahrt. Berlin 2012. http://e-connected.at/userfiles/PwC_Elektromobilitaet_2012.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

RABE, J.; SEELIG, S.; IBOLD, F.; KRAUBITZ, T. ET AL.: Charging the City. Praxisleitfaden Integrierte Ladeinfrastruktur. Berlin, Oktober 2014. https://www.bemobility.de/file/bemobility-de/2509708/tG24bDdrr6uk_gyzFXSzW6vJCoQ/9069316/data/guidebook.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

RAHIMZEI, E.: Fragen rund um das Elektrofahrzeug: Wie kommen die Angaben über den Stromverbrauch und die Reichweite von Elektrofahrzeugen zustande? Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität. Hrsg.: Schaufenster Elektromobilität. Berlin 2014. http://schaufenster-elektromobilitaet.org/media/media/documents/dokumente_der_begleit_und_wirkungsforschung/Ergebnispapier_Nr_6_Wie_kommen_die_Angaben_ueber_den_Stromverbrauch_und_die_Reichweite_von_Elektromfahrzeugen_zustande.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

RAHIMZEI, E.; REGETT, A.; FISCHHABER, S.; SCHUSTER, S. F.: Maßnahmenpapier zu Studie: Second-Life-Konzepte für Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen. Ergebnispapier der Begleit- und Wirkungsforschung. Hrsg.: SCHAUFENSTER ELEKTROMOBILITÄT (BUW). Berlin 2016. http://schaufenster-elektromobilitaet.org/media/media/documents/dokumente_der_begleit_und_wirkungsforschung/EP28_Massnahmenpapier_Studie_Second_Life.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

READ, C.: Logic, deductive and inductive. 1898. (Free online version)

REDAKTION DER FRANKFURTER ALLGEMEINEN ZEITUNG (Hrsg): [Grafik des Tages] Lange Leitung: So groß sind die Stromnetzbetreiber. FAZ online, 27.09.2016. <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaft-in-zahlen/grafik-des-tages-lange-leitung-14455463.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

REIBNITZ, U.: Szenario-Technik. Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung. 2. Auflage. Gabler, Wiesbaden 1992.

REICHERT, C.; REIMANN, K.; LOHR, J.: Elektromobilität – Antworten auf die fünf entscheidenden Fragen. In: Smart Energy. Hrsg.: H.-G. Servatius; U. Schneidewind; D. Rohlfig. Springer, Berlin [u. a.] 2012, S. 453–461.

RENNHAK, C.; BOZEM, K.-H.; RATH, V.; NAGL, A.: Energie für nachhaltige Mobilität. Trends und Konzepte. Springer, Wiesbaden 2013.

RICHTER, J.; LINDENBERGER, D.: Potenziale der Elektromobilität bis 2050. Eine szenarienbasierte Analyse der Wirtschaftlichkeit, Umweltauswirkungen und Systemintegration. Endbericht, Juni 2010. Hrsg.: Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln. Köln 2010. http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Studien/Politik_und_Gesellschaft/2010/EWI_2010-07-02_Elektromobilitaet-Studie.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

RISCHER, L.: [Pressemitteilung] Neue Verfahren zur Lithiumgewinnung aus primären und sekundären Rohstoffen patentiert. Hrsg.: TU BERGAKADEMIE FREIBERG. 2016. <http://tu-freiberg.de/presse/neue-verfahren-zur-lithiumgewinnung-aus-primaeeren-und-sekundaeren-rohstoffen-patentiert> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

ROBERS, D.; KUSCHKE, P.; HOLTZE, S.: Innovation. Gut vorbereitet in die Zukunft. Hrsg.: PRICEWATERHOUSECOOPERS. Frankfurt a. Main, Februar 2011. https://www.pwc.de/de/unternehmensinformationen/assets/innovation_extern_2010_screen.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

ROMMEL, S.; GEIGER, R.: Leichtbau in Mobilität und Fertigung. Ökologische Aspekte. Hrsg. v. E-MOBIL BW GMBH – LANDESAGENTUR FÜR ELEKTROMOBILITÄT UND BRENNSTOFFZELLENTechnologie BADEN-WÜRTTEMBERG. Stuttgart 2012. <https://www.emobil-sw.de/files/e-mobil/content/DE/Publikationen/PDF/Leichtbau-Studie-Oekologische-Aspekte-150.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

ROTHFUSS, F.; ROSE, H.: Roadmap – Elektromobile Stadt. Meilensteine auf dem Weg zur nachhaltigen urbanen Mobilität. Hrsg.: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT UND ORGANISATION IAO, Stuttgart 2011. <https://www.muse.iao.fraunhofer.de/content/dam/iao/muse/de/documents/Aktuelles/Roadmap-Elektromobile-Stadt.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

ROTTMANN, O.; KILIAN, M.: Studie zum 8. Mitteldeutschen Energiegespräch: Digitalisierung in der Energiewirtschaft – Bedeutung, Treiber und Handlungsoptionen für die Energieversorger. Eine deskriptive Studie zum aktuellen Diskussionsstand. Verlag Vi-Strategie, Erfurt 2015. https://www.enviam-gruppe.de/docs/default-source/01_unternehmen_downloads/studie_8mdeg_web.pdf?sfvrsn=1177bcb6_0 (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

RUPPEL, U.: [Interview] VDA-Präsident Wissmann: „2030 können 6 Millionen E-Autos auf den Straßen sein“. Hrsg.: B.Z. BERLIN ONLINE, 07.08.2016. <http://www.bz-berlin.de/deutschland/2030%E2%80%89koennen-6-millionen-e-autos-auf-den-strassen-sein> (zuletzt geprüft: 27.02.2018)

RWE EFFIZIENZ GMBH (Hrsg): Factbook Energieeffizienz. Dortmund, Juli 2013. <https://www.energiwelt.de/web/cms/mediablob/de/1628716/data/1773346/4/energieberatung/wir-ueberuns/Factbook-Energieeffizienz.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

RWE EMOBILITY (Hrsg): Hier machen Elektroautos Station. Energieversorger als Partner. <https://www.rwe-mobility.com/web/cms/de/1211194/energieversorger/> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SAHAY, D.: Elektroautos in Deutschland: 2020 könnten 750.000 auf der Straße sein. WirtschaftsWoche online, 19.03.2014. <http://green.wiwo.de/elektroautos-in-deutschland-2020-koennten-750-000-auf-der-strasse-sein/> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SAUNDERS, M.: VW: „500-mile EVs by 2020“. Tesla founder VW EV expert spells out to Autocar when electric cars will come age. Autocar online, 13.08.2010. <http://www.autocar.co.uk/car-news/industry/vw-500-mile-evs-2020> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SCHÄDEL, V.: Public Private Partnership als Geschäftsfeld mittelständischer Bauunternehmen. Schriftenreihe der Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen; No. 2. Weimar, Univ., Diss., 2008.

SCHÄFER, P.; KNESE, D.; HERMANN, A.; SEHR, A.: Elektromobilität – Utopie oder Realität? Zwischenfazit zur Begleitforschung in der Modellregion Elektromobilität Rhein-Main. Frankfurt a. Main, Mai 2014. https://www.offenbach.de/medien/bindata/soh/Dokumente_ESO-2/broschuere-zur-veranstaltung-elektromobilitaet-utopie-oder-realitaet-der-fh-frankfurt-am-12.5.14.pdf (zuletzt geprüft: 05.03.2018)

SCHALLABÖCK, K. O.; FISCHEDICK, M.: Strommix beim Betrieb von Elektrofahrzeugen. Teilbericht im Rahmen der Umweltbegleitforschung Elektromobilität im Förderschwerpunkt „Modellregionen Elektromobilität“. Wuppertal, Januar 2012. https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Elektromobilitaet_TB_Strommix.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SCHLESIGER, C.: DriveNow. Carsharing bald mit Elektroauto. WirtschaftsWoche online, 29. Juni 2015. <http://www.wiwo.de/technologie/auto/drivenow-carsharing-bald-mit-elektroauto-13/11986116.html> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SCHLESINGER, M.; HOFER, P.; KEMMLER, A.; KIRCHNER, A.; KOZIEL, S.; LEY, A. ET AL.: [Endbericht/ Studie] Entwicklung der Energiemärkte. Energiereferenzprognose. Projekt Nr. 57/12. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie Basel/Köln/Osnabrück Juni 2014. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/entwicklung-der-energiemaerkte-energiereferenzprognose-endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SCHNEIDER, A.; GROESSER, S.: Elektromobilität. Disruptive Geschäftsmodelle für den OEM der Zukunft. In: ZfAW – Zeitschrift für die gesamte Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft 33(2013)1, S. 43–54.

SCHOLZ, B.; RISSLAND, V.; SAUER, M.: Smart Grids in Deutschland. Handlungsfelder für Verteilnetzbetreiber auf dem Weg zu intelligenten Netzen. Hrsg.: BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E. V. BERLIN 2012. https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20120327_BDEW_ZVEI_Smart-Grid-Broschuere.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SCHÖNFELDER, M.; PATHMAPERUMA, D.; REINER, U.: Elektromobilität. Eine Chance zur verbesserten Netzintegration Erneuerbarer Energien. In: UWF –Umweltwirtschaftsforum 17 (2009) 42, S. 373–380.

SCHRAVEN, S.; KLEY, F.; WIETSCHEL, M.: Induktives Laden von Elektromobilen – Eine techno-ökonomische Bewertung. In: Zeitschrift für Energiewirtschaft 35(2011)3, S. 209–219. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F512398-010-0040-y.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SCHRÖDER, H.: Der ÖPNV: Rückgrat und Motor eines zukunftsorientierten Mobilitätsverbundes. AG „Multimodale Mobilitätsangebote“ des VDV-Ausschusses für Strategie. Hrsg.: VERBUND DEUTSCHER VERKEHRSUNTERNEHMEN. Köln 2013. <https://www.vdv.de/jahresbericht-2013-2014.pdf?forced=true> (letzter Zugriff: 01.03.2018)

SCHÜHLE, F.: Die Marktdurchdringung der Elektromobilität in Deutschland. Eine Akzeptanz- und Absatzprognose. Schriften zu Management, Organisation und Information; Bd. 45. Hampp, München [u. a.] 2014. – Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 2014.

SCHWARZER, C.: Elektromobilität: Leasing soll Elektroautos den Schrecken nehmen. ZEIT online, 23. Mai 2011. <http://www.zeit.de/auto/2011-05/vertriebsmodelle-elektroauto> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SCHWARZER, C.: Ladekabel adieu! ZEIT online, 14. November 2014. <http://www.zeit.de/mobilitaet/2014-11/alternative-antriebe-elektroautos-induktives-laden> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SCHWARZER, C.: Elektroauto: Wie lange dauert das denn noch?!? ZEIT online, 23. April 2015. <http://www.zeit.de/mobilitaet/2015-04/elektroauto-ladezeit-batterie> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SEGNER, M.: Szenario-Technik – Methodische Darstellung und kritische Analyse. Forschungsreihe Systemtechnik; Bd. 8. Techn. Univ., Brennpunkt Systemtechnik, Berlin 1976.

SEIBT, T.: Marktübersicht Elektroautos 2015: Diese E-Autos können Sie kaufen. Automotorsport online, 27.04.2016. <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/marktuebersicht-elektroautos-2015-diese-e-autos-koennen-sie-kaufen-9335259.html> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

SERVATIUS, H.-G.; SCHNEIDEWIND, U.; ROHLFING, D. (Hrsg.): Smart Energy. Springer, Berlin [u. a.] 2012.

SHAH, A.: Senken fallende Batteriepreise die Preise für Elektroautos? In: Energyload online, 25.07.2016. <http://energyload.eu/elektromobilitaet/elektroauto/fallende-batteriepreise-preise-elektroautos/> (zuletzt geprüft: 28.02.2018)

SHELL (Hrsg.): Shell PKW-Szenarien bis 2040: Fakten, Trends und Perspektiven für Auto-Mobilität. Hamburg 2014. <http://docplayer.org/145963-Shell-pkw-szenarien-bis-2040-fakten-trends-und-perspektiven-fuer-auto-mobilitaet.html> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SOVACOO, B.; HIRSH, R.: Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition. In: Energy Policy 37 (2009) 3, S. 1095 – 1103. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508005934> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SPATH, D. (Hrsg.): Wie Deutschland zum Leitanbieter für Elektromobilität werden kann. Status quo – Herausforderungen – Offene Fragen. acatech bezieht Position; Nr. 6. http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/emo_acatech_bezieht_Position_Nr6_.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SPATH, D.; RÖSSLER, A.; ROSE, H.; ROTHFUSS, F.: Systemanalyse BWe Mobil 2013. IKT- und Energieinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg. Hrsg.: E-MOBIL BW GMBH – LANDESAGENTUR FÜR ELEKTROMOBILITÄT UND BRENNSTOFFZELLENTechnologie Baden-Württemberg. Stuttgart 2013. <http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/studien/systemanalyse-bwe-mobil-2013.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SPATH, D.; LOLEIT, M.; KLAUSMANN, F.; ROTHFUS, F.; SACHS, C.: Systemanalyse BWe mobil. IKT- und Energieinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg. Hrsg.: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ARBEITSWIRTSCHAFT UND ORGANISATION IAO. Stuttgart 2010. <http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/studien/systemanalyse-bwe-mobil.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

STATISTA (Hrsg.): Absatz von E-Bikes in Deutschland von 2009 bis 2015. 2015. <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/152721/umfrage/absatz-von-e-bikes-in-deutschland/> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

STEINMÜLLER, K. (Hrsg.): Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung. Werkstattbericht; Nr. 21. Sekretariat für Zukunftsforschung, Gelsenkirchen 1997. <http://steinmuller.de/media/pdf/WB%2021%20Grundlagen.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

STIER, W.: Empirische Forschungsmethoden. Springer, Berlin [u. a.] 1999.

STOLLER, D.: Schnelles Laden ohne Kabel macht Elektroautos attraktiver. 2013. <http://www.ingenieur.de/Themen/Elektromobilitaet/Schnelles-Laden-Kabel-Elektroautos-attraktiver> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

STRELOW, M.-M.; WUSSMANN, M.: Digitalisierung in der Automobilindustrie. Wer gewinnt das Rennen? Traditioneller Automobilhersteller oder Silicon Valley? Iskander Business Partner GmbH, München, August 2016. <http://i-b-partner.com/wp-content/uploads/2016/08/2016-09-06-Iskander-RZ-Whitepaper-Digitalisierung-in-der-Automobilindustrie-DIGITAL.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

SUCK, G.; SPENGLER, C.: Lösungen für das Wärmemanagement von Batteriefahrzeugen. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift (2014)7-8, S. 12–19.

TAHIL, W.: The trouble with lithium. Implications of Future PHEV Production for Lithium Demand. Januar 2007. http://www.meridian-int-res.com/Projects/Lithium_Problem_2.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

TEICHMANN, U.: Szenariotechnik. In: Controlling (1990)1, S. 43.

TESLA MOTORS (Hrsg.): [Video]Charger prototype finding its way to Model S. August 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=uMMolRfX6YI> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

TESLA MOTORS (Hrsg.): Supercharger. 2018. http://www.teslamotors.com/de_DE/supercharger (zuletzt geprüft: 28.03.2018).

THIELMANN, A.; SAUER, A.; WIETSCHER, M.: Gesamt-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030. Hrsg.: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG ISI. Karlsruhe 2016. www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/t/de/publikationen/GRM-ESEM.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

TM-UNTERNEHMENSGRUPPE (Hrsg.): Brent-Rohölpreis. 2016. boerse.de: <http://www.boerse.de/historische-kurse/Brent-Rohoelpreis/XC0009677409> (zuletzt geprüft: 05.03.2018)

TM-UNTERNEHMENSGRUPPE (Hrsg.): RWE St Aktie. 2017. boerse.de: <https://www.boerse.de/aktien/RWE-St-Aktie/DE0007037129> (zuletzt geprüft: 27.10.2017)

UMWELT- UND PROGNOSEINSTITUT E. V. (Hrsg.): UPI-Bericht 79. Ökologische Folgen von Elektroautos. August 2015, 2., aktualis. Auflage. August 2017. http://www.upi-institut.de/upi79_elektroautos.htm (zuletzt geprüft: 01.03.2018) [= 2017]

VALENTINE-URBSCHAT, M.; BERNHART, W.: [Studie] Powertrain 2020 – The Future Drives Electric. Hrsg.: Roland Berger. München 2009. <https://www.yumpu.com/en/document/view/27914931/powertrain-2020-a-the-future-drives-electric> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

VELTHUIJSEN, J.: Oil Price Update Q2 2016. Hrsg.: PwC – PricewaterhouseCoopers. <http://www.pwc.nl/nl/assets/documents/pwc-oil-price-update-q2-2016.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE E. V. (Hrsg.): CO₂-Regulierung bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen. <https://www.vda.de/de/themen/umwelt-und-klima/co2-regulierung-bis-2020/co2-regulierung-bis-2020-fuer-pkw-und-leichte-nutzfahrzeuge.html> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

VOGEL, M.: Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen. Online-Befragung unter Expertinnen und Experten, (zukünftigen) Anwenderinnen und Anwendern sowie Dienstleistungsunternehmen im Kontext gewerblich zugelassener Elektrofahrzeuge in allen Branchen. Ergebnispapier No. 9. Hrsg.: SCHAUFENSTER ELEKTROMOBILITÄT (BUW). Frankfurt am Main 2009.

VOLKSWAGEN (Hrsg.): e-mobility. Erweiterte Mobilität. 2015. Online verfügbar unter <http://emobility.volkswagen.com/dms/Ergaenzungsmobilitaet.pdf?context=MS-ThinkBlue>, 2015.

WALLENTOWITZ, H.; FREIALDENHOVEN, A.; OLSCHESKI, I.: Strategien zur Elektrifizierung des Antriebsstranges. Technologien, Märkte und Implikationen. Vieweg + Teubner, Wiesbaden 2010.

WALLSTREET ONLINE (Hrsg.): Die Ölpreisentwicklung ist von vielen Faktoren abhängig. Wallstreet online, 2016. <http://www.wallstreet-online.de/ratgeber/finanzen-steuern-versicherung/anlagen-und-investitionen/die-oelpreisentwicklung-ist-von-vielen-faktoren-abhaengig> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

WANSART, J.: Analyse von Strategien der Automobilindustrie zur Reduktion von CO₂-Flottenemissionen und zur Markteinführung alternativer Antriebe. Ein systemdynamischer Ansatz am Beispiel der kalifornischen Gesetzgebung. Springer Gabler, Wiesbaden 2012.

WEIMER, M.: PlugSurfing will zum Paypal der E-Mobilität werden. NGIN Mobility online, 2. Januar 2017. <http://ngin-mobility.com/artikel/plugsurfing-paypal-e-mobilitaet-bezahlen/> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

WEIMER-JEHLE, W.: Einführung in die qualitative Systemanalyse. Methodenblätter zur Cross-Impact-Bilanzanalyse; Blatt Nr. 1. Interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt Risiko und Nachhaltige Technikentwicklung – Universität Stuttgart, 30.05.2014. http://www.cross-impact.de/Ressourcen/Methodenblatt_Nr_1.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018) [=2014a]

WEIMER-JEHLE, W.: Mustertext „Experteninformation“. Hinweise zum Ausfüllen einer Hinweise zum Ausfüllen einer Cross-Impact-Matrix im Rahmen einer schriftlichen Erhebung. Methodenblätter zur Cross-Impact-Bilanzanalyse; Blatt Nr. 3. Interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt Risiko und Nachhaltige Technikentwicklung – Universität Stuttgart, 30.05.2014. http://www.cross-impact.de/Ressourcen/Methodenblatt_Nr_3.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018) [=2014b]

WEIMER-JEHLE, W.: ScenarioWizard-Handbuch. Programm zur qualitativen System- und Szenarioanalyse mit der Cross-Impact-Bilanzanalyse (CIB). Hrsg.: ZENTRUM FÜR INTERDISZIPLINÄRE RISIKO- UND INNOVATIONSFORSCHUNG, Universität Stuttgart, 2016. http://www.cross-impact.de/Ressourcen/ScenarioWizardManual_dt.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

WIETSCHEL, M.: Gesellschaftspolitische Fragestellungen der Elektromobilität. Hrsg.: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG ISI, Karlsruhe 2011. http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/elektromobilitaet_broschuere.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

WIETSCHEL, M.; DÜTSCHKE, E.; ROSER, A.; GLOBISCH, J.: Kaufpotenzial für Elektrofahrezeuge bei sogenannten „Early Adoptern“. Endbericht. Hrsg.: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG (ISI); IREES GMBH – INSTITUT FÜR RESSOURCENEFFIZIENZ UND ENERGIESTRATEGIEN. Karlsruhe 2012. http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Schlussbericht_Early_Adopter.pdf (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

WIETSCHEL, M.; PLÖTZ, P.; KÜHN, A.; GNANN, T.: Markthochlaufszzenarien für Elektrofahrzeuge. Kurzfassung. Hrsg.: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG (ISI). Karlsruhe 2013. <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Fraunhofer-ISI-Markthochlaufszzenarien-Elektrofahrzeuge-Zusammenfassung.pdf> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)

WIETSCHEL, M.; ULLRICH, S. (Hrsg.): Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze. Springer Vieweg Wiesbaden 2015.

WOHLFARTH, K.: Nutzungskonzepte für Elektrofahrzeuge im Stadtbetrieb – eine Marktstudie. In: Entscheidungen beim Übergang in die Elektromobilität. Hrsg.: Heike Proff. Springer, Wiesbaden 2015, S. 83–100.

ZAH, R.; HAAN, P. DE: Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz. vdf Hochschulverlag, Zürich 2013.

ZIMMER, R.; RAMMLER, S.: [Studie]Leitbilder und Zukunftskonzepte der Elektromobilität. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Koordiniert durch die nationale Organisation für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) GmbH. Hrsg.: UNABHÄNGIGES INSTITUT FÜR UMWELTFRAGEN E. V., Berlin; INSTITUT FÜR TRANSPORTATION DESIGN, HOCHSCHULE FÜR BILDENDE KÜNSTE, Braunschweig. Berlin 2011. <http://docplayer.org/13416499-Leitbilder-und-zukunftskonzepte-der-elektromobilitaet.html> (zuletzt geprüft: 01.03.2018)



Die Elektromobilität bildet die Grundlage eines fundamentalen Wandels der individuellen Mobilität, der das Mobilitätsverhalten der Gesellschaft grundlegend verändern wird. Dabei determinieren insbesondere Dienstleistungen den Erfolg der Elektromobilität, indem sie eine Brückenfunktion zwischen Technologie und Markt übernehmen. Dienstleistungen können sowohl die Begeisterung für Elektromobilität als auch die Alltagstauglichkeit des Mobilitätskonzepts steigern und somit die technologischen Schwächen gegenüber konventionellen Antriebsformen ausgleichen. Da ein Großteil der wissenschaftlichen Arbeiten zur Entwicklung der Elektromobilität vordergründig technologische Aspekte (Fahrzeugreichweite) berücksichtigt, ist eine ganzheitliche Betrachtung aller Faktoren des Themenfeldes notwendig, um Dienstleistungen in ein umfassendes Verständnis der Elektromobilität zu integrieren.

Dieser Abschlussbericht entstand im Rahmen des Arbeitspakets „Marktstrukturen und Zukunftsszenarien“ des FIR an der RWTH Aachen im Projekt DELFIN. Es wurde eine Szenarioanalyse zur Elektromobilität durchgeführt, die insbesondere auch Faktoren mit Bezug zu Dienstleistungen in eine ganzheitliche Betrachtung des Mobilitätskonzepts einbezieht, aus dem schließlich Zukunftsszenarien für die Elektromobilität entwickelt werden. Zunächst werden auf Basis von Expertenmeinungen Einflussbereiche (Phase 1) und Einflussfaktoren (Phase 2) zukünftiger technologischer, dienstleistungsspezifischer und gesellschaftlicher Entwicklungen identifiziert. Die Selektion von Schlüsselfaktoren (Phase 3) und dazugehörigen Zukunftsprojektionen (Phase 4) bildet anschließend mithilfe von Modellrechnungen (Phase 5) den Ausgangspunkt für die Entwicklung von konsistenten Zukunftsszenarien. Abschließend werden diese Szenarien interpretiert (Phase 6) und Handlungsempfehlungen für die Akteure der Elektromobilität formuliert (Phase 7).

Die Entwicklung der Elektromobilität bis 2030 oder 2050 ist aktuell weitestgehend unabsehbar. Allein technologische Fortschritte zur Optimierung der Reichweite sind nicht ausreichend, um den Erfolg der Elektromobilität langfristig zu gewährleisten. Vielmehr ist es entscheidend, das gesamte Mobilitätskonzept des Automobils neu zu entwickeln und dabei neben dem technologischen Fortschritt die Innovation und Nutzerorientierung im Bereich der Dienstleistungen zu fördern. Nur so kann das Elektroauto nutzbar und erlebbar gemacht und Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität transformiert werden.

FIR e. V. an der RWTH Aachen
Campus-Boulevard 55
52074 Aachen

Telefon: +49 241 47705-0
Fax: +49 241 47705-199
E-Mail: info@fir.rwth-aachen.de
Internet: www.fir.rwth-aachen.de